

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL  
ALMACENAMIENTO, DESPLIEGUE Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SISMOLÓGICA  
EN EL OBSERVATORIO VULCANOLÓGICO Y SISMOLÓGICO DE MANIZALES**

**RUBEN DARIO JIMÉNEZ CHISICA  
OSCAR HERNAN MONTES QUINTERO**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
ESPECIALIZACION EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA  
MANIZALES  
MARZO 2015**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL  
ALMACENAMIENTO, DESPLIEGUE Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SISMOLOGICA  
EN EL OBSERVATORIO VULCANOLOGICO Y SISMOLOGICO DE MANIZALES**

RUBEN DARIO JIMÉNEZ CHISICA  
OSCAR HERNAN MONTES QUINTERO

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar  
al título de Especialista en Sistemas de Información Geográfica

Presidente  
**JHON MAKARIO LONDOÑO**  
Geologo.M.Sc. en Geofisica.Ph.D. en Geofisica

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
ESPECIALIZACION EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA  
MANIZALES  
MARZO 2015**

## **AGRADECIMIENTOS**

El desarrollo de este proyecto, tiene ante todo el sello primordial del personal que labora en el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales Servicio Geológico Colombiano.

Jhon Makario Londoño Bonilla por su colaboración con los aportes brindados a la temática relacionada.

A nuestros padres, generadores de amor incondicional, virtuosos en creer en nuestras capacidades.

A nuestras esposas, hijos y demás familiares, amigos, que mantuvieron ese ideal y nos ayudaron en cada etapa de este camino.

## TABLA DE CONTENIDO

|   |          |
|---|----------|
| <b>INTRODUCCION</b> .....                                       | <b>1</b> |
| <b>RESUMEN</b> .....  | <b>2</b> |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | <b>3</b> |
| <b>1. AREA PROBLEMATICA</b> .....                               | <b>4</b> |
| <b>2. HIPOTESIS Y OBJETIVOS</b> .....                           | <b>6</b> |
| 2.1 HIPOTESIS .....   | 6        |
| 2.2 OBJETIVO GENERAL.....                                       | 6        |
| 2.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....                                 | 6        |
| <b>3. JUSTIFICACION</b> .....                                   | <b>7</b> |
| <b>4. MARCO TEORICO</b> .....                                   | <b>9</b> |
| 4.1 QUÉ ES UN SIG .....   | 9        |
| 4.2 FUNCIONAMIENTO DE UN SIG.....                               | 9        |
| 4.3 CREACIÓN DE DATOS EN UN SIG.....                            | 10       |
| 4.4 REPRESENTACIÓN DE LOS DATOS EN UN SIG .....                 | 10       |
| 4.5 CAPTURA DE LA INFORMACIÓN.....                              | 11       |
| 4.5.1 Formato RASTER .....                                      | 11       |
| 4.5.2 Formato VECTORIAL .....                                   | 11       |
| 4.6 EL MANEJO DE LA INFORMACION.....                            | 12       |
| 4.6.1 Modelos de diseño de un SIG .....                         | 12       |
| 4.6.2 Modelo conceptual .....                                   | 13       |
| 4.6.3 Modelo lógico .....                                       | 13       |
| 4.6.4 Modelo físico .....                                       | 14       |
| 4.6.5 Almacenamiento de la Información.....                     | 14       |
| 4.6.6 Manipulación de la Información .....                      | 14       |
| 4.6.7 Extracción de la información .....                        | 15       |
| 4.6.8 Extracción mediante especificación geométrica.....        | 15       |
| 4.6.9 Extracción mediante condición geométrica .....            | 15       |
| 4.6.10 Extracción mediante especificación descriptiva. ....     | 15       |
| 4.6.11 Extracción mediante condición descriptiva o lógica. .... | 15       |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 4.6.12    | Edición de la Información .....   | 15        |
| 4.6.13    | Análisis y modelamiento de la Información .....   | 16        |
| 4.6.14    | Generalización cartográfica. ....   | 16        |
| 4.6.15    | Análisis espaciales .....   | 16        |
| 4.6.16    | Salida y representación de la información .....   | 17        |
| 4.7       | ¿CUALES SON LAS APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA? .....   | 18        |
| 4.8       | MÉTODOS PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA:.....   | 19        |
| 4.8.1     | M. Rosi: Reconstrucción cuantitativa de actividad volcánica reciente: .....   | 19        |
| 4.8.2     | R.I. Tilling: el papel del monitoreo en la predicción de eventos volcánicos:.....   | 20        |
| 4.9       | SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA DESARROLLADOS PARA ACTIVIDAD VOLCANICA Y MEDIO AMBIENTAL .....   | 20        |
| 4.9.1     | Sig SEGEMAR.....  | 20        |
| 4.9.2     | Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental en Mexico.....   | 21        |
| 4.9.3     | Integración de información cartográfica sobre riesgo volcánico por medio de sistemas de información geográfica.....                               | 21        |
| 4.9.4     | Determinación de peligros volcánicos aplicando técnicas de evaluación multicriterio y SIG en el área del Nevado de Toluca, centro de México ..... | 22        |
| 4.9.5     | Aplicación del Sistema de Información Geográfica aplicado al riesgo volcánico .....   | 22        |
| 4.9.6     | La Integración regional de la Amenaza volcánica para el Parque Nacional de Los Nevados en ambiente SIG.....                                       | 22        |
| <b>5.</b> | <b>METODOLOGIA .....</b>  | <b>24</b> |
| 5.1       | FASE DE ANALISIS .....  | 24        |
| 5.2       | FASE DISEÑO .....   | 24        |
| 5.3       | FASE DESARROLLO .....   | 24        |
| 5.4       | FASE DE IMPLEMENTACION.....   | 24        |
| 5.5       | FASE DE PRUEBAS .....   | 25        |
| <b>6.</b> | <b>ANTECEDENTES .....</b>   | <b>26</b> |
| 6.1       | Implementación de un sistema de información geográfica (SIG) para la integración y análisis de información en un observatorio Vulcanológico.....  | 26        |
| 6.2       | Sistema de Informacion Geografico del volcán Popocatépetl.....  | 26        |
| 6.3       | Aplicación Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica.....   | 27        |
| 6.4       | Contribución de los mapas de riesgo en la comunicación de peligros. Estudio de caso: Guatemala .....  | 27        |
| 6.5       | Sistema de Alerta Geoespacial .....   | 27        |

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 6.6 | Sistema de información Geográfica para el diagnóstico integral de la actividad volcánica utilizando software libre. ....                          | 28 |
| 6.8 | Aplicación de sistemas de información geográfica aplicado al riesgo volcánico, del observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima, México..... | 29 |
| 7.  | RESULTADOS.....   | 30 |
| 8.  | CONCLUSIONES .....  | 43 |
| 9.  | RECOMENDACIONES .....   | 44 |
| 10. | GLOSARIO.....   | 45 |
| 11. | BIBLIOGRAFIA.....   | 47 |
|     | ANEXO A .....   | 50 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Captura de Información.....  | 11 |
| Figura 2. Modelo de diseño de un SIG.....  | 12 |
| Figura 3. Generalización Cartográfica.....   | 16 |
| Figura 4. Análisis Espaciales .....  | 16 |
| Figura 5. Aplicaciones SIG.....  | 18 |
| Figura 6. Base de datos espacial creada en el motor de base de datos PostgreSQL..... | 30 |
| Figura 7. Estructura Tabla Estaciones. ....  | 31 |
| Figura 8. Estructura tabla Observatorios.....  | 32 |
| Figura 9. Estructura Tabla Volcanes.....   | 32 |
| Figura 10. Estructura tabla Lugares.....   | 33 |
| Figura 11. Estructura tabla Tectónicos.....  | 33 |
| Figura 12. Estructura tabla incluida en PostGIS. ....                                | 34 |
| Figura 13. Interfaz para autenticar usuario. ....                                    | 35 |
| Figura 14. Menú inicial de Usuario.....  | 35 |
| Figura 15. Modulo Observatorios .....  | 36 |
| Figura 16. Modulo Volcanes.....  | 36 |
| Figura 17. Modulo Sismos Tectónicos .....  | 37 |
| Figura 18. Modulo Telesismos .....   | 37 |
| Figura 19. Modulo Estaciones.....  | 38 |
| Figura 20. Vista de una estación.....  | 38 |
| Figura 21. Modulo Áreas.....   | 39 |
| Figura 22. Modulo Tipos de Estaciones.....   | 39 |
| Figura 23. Modulo Repetidoras.....   | 40 |
| Figura 24. Consulta estaciones sismológicas.....                                     | 40 |
| Figura 25. Consulta Repetidora.....  | 41 |
| Figura 26. Cliente gvSIG.....  | 42 |
| Figura 27. Cliente QGIS.....   | 42 |

## INTRODUCCIÓN

Colombia se encuentra ubicada en una zona influenciada por actividad volcánica y sísmica, en el margen occidental de Sudamérica, ocasionado por el choque entre las placas continental suramericana y la placa Nazca oceánica debido a procesos de subducción entre éstas.

Colombia por su ubicación estratégica tiene bajo observación y supervisión, lo que corresponde a el Servicio Geológico colombiano varias estructuras volcánicas como lo son: el Nevado del Ruiz, Nevado del Tolima, Cerro Bravo, Cerro Machín, Nevado Santa Isabel, etc, sobre las que se hace el respectivo control y vigilancia por un grupo de profesionales, especializados en la temática.

Efectuar la correcta vigilancia y control preventivo sobre cada una de estas estructuras que constantemente están presentando actividad, es la herramienta de mayor utilidad ya que permite a los diferentes organismos del estado, municipales y departamentales, las adecuadas medidas a ejecutar en la comunidad.

La constante evaluación de los parámetros que se obtiene en campo de las diferentes estaciones de control, como por ejemplo: parámetros sísmológico, geoquímico, deformativa, geovulcanológico; que son el punto de partida para las respectivas decisiones presentados ante una posible activación volcánica.

Los sistemas de información geográfica SIG, son herramientas para una apropiada administración de la información proporcionada desde los diferentes puntos en campo, puesto que permiten hacer la mejor disposición de los datos y un óptimo análisis.

La integración de los SIG y las diferentes herramientas informáticas como lo son, aplicaciones en dispositivos, interacciones web, etc permiten establecer lazos de conexión entre la comunidad y los organismos de vigilancia en tiempo real, para mantener informados a la población involucrada.

El Servicio Geológico colombiano es el encargado de la integración de diferentes entes encargados de la entrega de datos e información, hoy trabajan conjuntamente: La red Sísmológica Nacional, Geored (Red nacional de estaciones geodésicas), Red nacional de acelerógrafos.



## RESUMEN

El sistema de información geográfico (SIG) desarrollado es un aplicativo web que permite, a partir del uso de una base de datos geoespacial, disponer de los datos a través de programas en software libre y licenciado. Este sistema abre las puertas para la interacción entre los diferentes entes que manejan datos y los disponen al interior del Observatorio Vulcanológico de Manizales. El SIG desarrollado tiene especial aplicación para el Observatorio, además de ser claramente expandido a cualquiera de los otros dos observatorios existentes en el país y que tienen la misma funcionalidad de vigilancia y control.

Adicionalmente el SIG tiene aplicaciones con desarrollo en software libre como GvSig, QuantumGIS, etc, además de su utilización en software licenciado como ArGIS adquirido por el Servicio Geológico Colombiano.

El desarrollo de la aplicación tiene completa ejecución bajo el lenguaje de programación en código abierto para web PHP, HTML y el motor de ejecución de la base de datos a través de PostGIS. Adicionalmente, el proyecto generado en el observatorio tiene implícito la utilización del lenguaje estructurado para acceso a la base de datos como es SQL y para diseño JavaScript.

Finalmente, la plataforma se ejecuta bajo CentOS, un sistema operativo Linux -software libre-. Otros programas serán el HTTP Apache como servidor web de código abierto, específico para la plataforma Linux.

## **ABSTRACT**

The geographic information system (GIS) developed is a web application that allows, from the use of geospatial database, available data through license and open source software. This system opens the door for interaction between the different entities that manage data within the Volcanological Observatory of Manizales. The developed GIS has a special application for the Observatory, besides being clearly expanded to other existing observatories in the country and have the same functionality for monitoring and control.

Additionally, the GIS has applications with open source software development as GvSig, QuantumGIS, etc, in addition to its use in licensed software as ArcGIS acquired by the Colombian Geological Service.

The development of the application has full run under the open programming language for web PHP, HTML and runtime database engine through PostGIS. Additionally, the project generated in the observatory has implied the use of structured access to the database such as SQL and JavaScript language design.

Finally, the entire platform runs under CentOS Linux operating system –an open source software-. Other programs will be the Apache HTTP web server as an open source code specific to the Linux platform.

## 1. ÁREA PROBLEMÁTICA

Colombia está ubicada en una zona de subducción donde convergen las placas oceánica nazca y continental suramericana desde el límite de la costa hasta gran parte del complejo volcánico magmático, la continua fricción entre las placas mencionadas a una profundidad aproximada de 80 kilómetros en la zona denominada de benioff es donde se genera la mayoría de la actividad sísmica y generación sísmica y volcánica dando origen a las estructuras volcánicas con las cuales el hombre tiene una interacción directa y afectación como son<sup>1</sup>: lahares, oleadas y flujos piroclásticos las cuales afectaron a las poblaciones de tolimenses en 1985. Desde el año de 1986 se creó el Observatorio Vulcanológico de Manizales ante la tragedia ocurrida en el municipio de Armero adscrita a Ingeominas, estos entes se reformaron y hoy se conoce como el Servicio Geológico Colombiano que está integrado por una red de observatorios locales distribuidos en las diferentes zonas con influencia de actividad subterránea, entre los cuales se destacan:

1. Observatorio sismológico y vulcanológico de Pasto.
2. Observatorio sismológico y vulcanológico de Manizales
3. Observatorio sismológico y vulcanológico de Popayan

Cada uno de los anteriores hace un control y monitoreo continuo y permanente sobre las diferentes estructuras geológicas cercanas y en su entorno involucradas a nivel Colombia como lo son: Nevado de Cumbal, Galeras, Doña Juana, Las Ánimas, Azufral, Cerro Negro, Chiles, Nevado del Ruiz, Cerro Machin, Nevado Santa Isabel, Nevado del Tolima, Cerro Bravo, Sotara, Nevado del Huila, Puracé.

El Servicio Geológico Colombiano tiene en este momento la integración de diferentes entes encargados de la entrega de datos e información, hoy trabajan conjuntamente: La red Sismológica Nacional, Geored (red nacional de estaciones geodésicas) y la red nacional de acelerógrafos.

Para el monitoreo y control de actividad volcánica se integran varias disciplinas del saber, entre estas se hace la evaluación constante de parámetros de control como son: Sismología, deformación, geoquímica y geovulcanología.

El cómo hacer una correcta visualización de los datos que constantemente se generan a partir de las señales remitidas de las diferentes estaciones sismológicas, es una de las prioridades a mejorar con el diseño del SIG, además de la integración constante de la

---

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA. España.(En línea)Consultado 16/04/2014.Manizales Col. Disponible en: <https://www.uclm.es/profesorado/egcardenas/subduccion.htm>

<sup>2</sup> MONROY JARAMILLO, María de la Esperanza. Implementación de un sistema de información

información en tiempo real a un portal web.

Los autores Monroy, M,E;<sup>2</sup> y Valencia,A, Restrepo,G,E<sup>3</sup> proponen un método sencillo de evaluación de la actividad, basado en reglas de diagnóstico que se encuentran previamente definidas en la base de datos, y niveles de actividad. El sistema obtiene la información de las diferentes áreas (sismología, fisicoquímica y deformación). El SIG asigna el nivel al que corresponda el resultado de la evaluación, mediante tres diferentes formas de diagnóstico disponibles; temporal (usando rangos de fechas y combinaciones de parámetros de las diferentes áreas), espacial (definiendo un sector geográfico dividido en nodos y combinando parámetros de las diferentes áreas para cada nodo) y combinada (usando simultáneamente el diagnóstico temporal y el espacial).

Tanto las reglas para realizar la evaluación como los niveles de actividad existentes en la base de datos pueden ser modificados y se pueden crear nuevas reglas para ser aplicadas al diagnóstico. Los valores predeterminados para cada uno de los seis niveles de actividad: muy bajo, bajo, medio bajo, medio, medio alto y alto pueden ser modificados para que el diagnóstico sea flexible y se ajuste a nuevas técnicas o escalas de actividad que se definan, según las necesidades o requerimientos de cualquier observatorio vulcanológico.

Las implementaciones anteriores han sido buenas puesto que abrieron el campo de los sistemas de información geográfica pero con los limitantes de compra de licencias, compatibilidad de herramientas y funcionamiento adecuado, dadas las implementaciones fallidas y ante la consecución de licencias por parte del Servicio Geológico Colombiano se genera una oportunidad para iniciar el Desarrollo de un SIG para el manejo de la información sismológica del departamento de Caldas aplicado al complejo cerro bravo –cerro machín.

La realización de este sistema de información geográfica servirá de apoyo para la toma de decisiones del grupo de Monitoreo volcánico del Observatorio Vulcanológico de Manizales, entidades gubernamentales, comunidad en general y la generación de nuevo conocimiento por parte grupos científicos todo enmarcado en buscar la prevención y predicción de amenazas volcánicas.

---

<sup>2</sup> MONROY JARAMILLO, María de la Esperanza. Implementación de un sistema de información geográfica (SIG) para la integración y análisis de la información en un observatorio vulcanológico. Tesis de Grado. Universidad de Manizales 2005.

<sup>3</sup> VALENCIA QUINTERO, Andrés; RESTREPO GOMEZ, German Eduardo. Sistema de información geográfica (SIG) para el diagnóstico integral de la actividad volcánica utilizando software libre. Tesis de Grado. Universidad de Manizales 2009.

## **2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

### **2.1 HIPÓTESIS**

Mediante la utilización de un sistema de información geográfico se articularán los diferentes datos obtenidos de la vigilancia volcánica los cuales se encuentran dispersos y podrán visualizarse de una manera interactiva para el análisis y toma de decisiones para mitigar los riesgos volcánicos y sismológicos.

### **2.2 OBJETIVO GENERAL**

Implementar un Sistema de Información Geográfica para el deslignie y análisis de información sismológica generada de la vigilancia volcánica del complejo volcánico cerro bravo-cerro machín, utilizando software licenciado Argis 10.1

### **2.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- ✓ Crear una base de datos espacial en la cual se guarden los datos obtenidos del monitoreo volcánico y que sirvan para su posterior análisis.
- ✓ Crear un módulo para la visualización, despliegue y consulta de la información sismológica.
- ✓ Crear un módulo para el despliegue de parámetros sismológicos.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Los diferentes entes creados e integrados, toman forma importante desde hace 25 años con la estructuración del observatorio vulcanológico y sismológico de Manizales, éste surge ante la catastrófica erupción del volcán Nevado del Ruiz, ocurrida el 13 de noviembre de 1985, desde este momento se genera el inicio para establecer formalmente el programa de monitoreo volcánico en Colombia.<sup>4</sup> A la fecha se hace presencia en el monitoreo de 12 volcanes continuamente, teniendo especial enfoque en cuatro de estos que pueden presentar actividad sismología y volcánica: los volcanes Nevado del Ruiz, Huila, Machín y Galeras. Realizar este continuo seguimiento para estas zonas ha permitido modelar el comportamiento de las estructuras activas, todo ello con el fin de generar alertas a la población circundante entorno de ellos desde las semanas o días anteriores a un posible suceso eruptivo. Lo anterior se ha respaldado con mapas de amenaza, modelamiento de los flujos dispersos volcánicos en un evento de gran alcance.

Inicialmente el Servicio Geológico Colombiano estructurado y compuesto por la Red Sismológica Nacional de Colombia –RSNC- surgió de la necesidad de contar con un instrumento moderno y confiable para suministrar información precisa en relación con la sismicidad de nuestro país.

El RSNC pretende entre su visión amplia el brindar información en el modo mas ágil y confiable sobre el origen y características de los fenómenos sísmicos que se generan en las diferentes zonas del país. Este en toda su integración busca investigar los procesos que originan los terremotos y zonas sismogénicas, la propagación de las ondas sísmicas, su atenuación, comportamiento y situaciones generadas de los suelos ante los esfuerzos generados.

Esta propuesta de trabajo en el Servicio Geológico Colombiano nace como solución a la dificultad presente de la integración de los datos recibidos desde los volcanes monitoreados, generados por las estaciones sismológicas para lograr presentarlos de una forma clara permitiendo a los encargados hacer el análisis de óptima calidad.

Tener una percepción más clara momento a momento de los diferentes sucesos sismológicos ocurridos en estos diferentes puntos, permite hacer los vínculos necesarios con la comunidad, medios difusivos de comunicación, organismos estatales y de gobierno, todo esto con el fin de generar las alarmas preventivas ante posibles sucesos volcánicos o sísmicos a ocurrirse.

La solución planteada con la generación del SIG permitirá una vista de los datos en un contexto grafico mejorado sobre la zona de influencia y con los atributos respectivos

---

<sup>4</sup> SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO.Manizales, Colombia. ( En línea) Consultado el 16/04/2014. Manizales Col.Disponible en : <http://www.sgc.gov.co/Manizales/Sobre-Nosotros/Historia-del-OVS.aspx>

para cada punto analizado.

Es de rescatar que con este modelo se pretende en tiempo real y continuo tener una interacción entre los usuarios y los datos reportados, a través de una interfaz gráfica web, visualmente acogedora y con un reporte efectivo de información generada en los puntos de acopio. Algo realmente muy interesante de la propuesta radica en la representación vía web y en imagen 3D de los diferentes puntos que conforman la red sísmológica de estudio, además del despliegue de sus atributos correspondientes para la estación analizada.

El sistema de los observatorios que actualmente funcionan administrados por el Servicio Geológico Colombiano presenta una carencia en cuando a un Sig desarrollado adecuado que integre el sin número de variables recepcionadas constantemente desde las estaciones sísmológicas monitoreadas.

Por lo tanto se plantea que la información adquirida constantemente se logre administrar, almacenar, concatenar, consultar y proyectar visualmente de la forma más amigable posible, permitiendo analizarla y focalizarla para lograr generar puntos de partida para la disposición de decisiones concernientes al analizar las diferentes etapas de actividad sísmica. Hacer un uso apropiado de los datos reportados desde los centros de control en campo permite lograr hacer consultas y controlar las diferentes variables claves en el momento de una emergencia de tipo volcánica.

Existen muy pocas referencias en la literatura en cuanto a la ejecución de un SIG para la correcta valoración de los datos obtenidos por actividad volcánica, lo anterior permite abrir puertas en lo mínimo para lograr aplicarlo en un centro de observación como el caso de Manizales.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 3 ¿QUÉ ES UN SIG?

Un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés [Geographic Information System]) es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y de gestión.

#### 4.2 FUNCIONAMIENTO DE UN SIG

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto, se conocen sus atributos e inversamente, preguntando por un registro de la base de datos, se puede saber su localización en la cartografía.

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma.

Las principales cuestiones que puede resolver un Sistema de Información Geográfica, ordenadas de menor a mayor complejidad, son:

**Localización:** preguntar por las características de un lugar concreto.

**Condición:** el cumplimiento o no de unas condiciones impuestas al sistema.

**Tendencia:** comparación entre situaciones temporales o espaciales distintas de alguna característica.

**Rutas:** cálculo de rutas óptimas entre dos o más puntos.

**Pautas:** detección de pautas espaciales.

**Modelos:** generación de modelos a partir de fenómenos o actuaciones simuladas.

Por ser tan versátiles, el campo de aplicación de los Sistemas de Información Geográfica es muy amplio, pudiendo utilizarse en la mayoría de las actividades con un



componente espacial. La profunda revolución que han provocado las nuevas tecnologías ha incidido de manera decisiva en su evolución.

### **4.3 CREACIÓN DE DATOS EN UN SIG**

Las modernas tecnologías SIG trabajan con información digital, para la cual existen varios métodos utilizados en la creación de datos digitales. El método más utilizado es la digitalización, donde a partir de un mapa impreso o con información tomada en campo se transfiere a un medio digital por el empleo de un programa de Diseño Asistido por Ordenador (DAO o CAD) con capacidades de georreferenciación.

Dada la amplia disponibilidad de imágenes orto-rectificadas (tanto de satélite y como aéreas), la digitalización por esta vía se está convirtiendo en la principal fuente de extracción de datos geográficos. Esta forma de digitalización implica la búsqueda de datos geográficos directamente en las imágenes aéreas en lugar del método tradicional de la localización de formas geográficas sobre un tablero de digitalización.

### **4.4 REPRESENTACIÓN DE LOS DATOS EN UN SIG**

Los datos SIG representan los objetos del mundo real (carreteras, el uso del suelo, altitudes). Los objetos del mundo real se pueden dividir en dos abstracciones: objetos discretos (una casa) y continuos (cantidad de lluvia caída, una elevación). Existen dos formas de almacenar los datos en un SIG: raster y vectorial.

Los SIG que se centran en el manejo de datos en formato vectorial son más populares en el mercado. No obstante, los SIG raster son muy utilizados en estudios que requieran la generación de capas continuas, necesarias en fenómenos no discretos; también en estudios medioambientales donde no se requiere una excesiva precisión espacial (contaminación atmosférica, distribución de temperaturas, localización de especies marinas, análisis geológicos, etc.).<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> LABORATORIO UNIDAD PACIFICO SUR CIESAS. Oaxaca de Juárez, Oaxaca, México.(En línea)Consultado el 16/04/2014. Manizales Col. Disponible en: <http://langleruben.wordpress.com/about/>

## 4.5 CAPTURA DE LA INFORMACIÓN

La información geográfica con la cual se trabaja en los SIG. Puede encontrarse en dos tipos de presentaciones o formatos: Raster y Vectorial. (Figura 1)

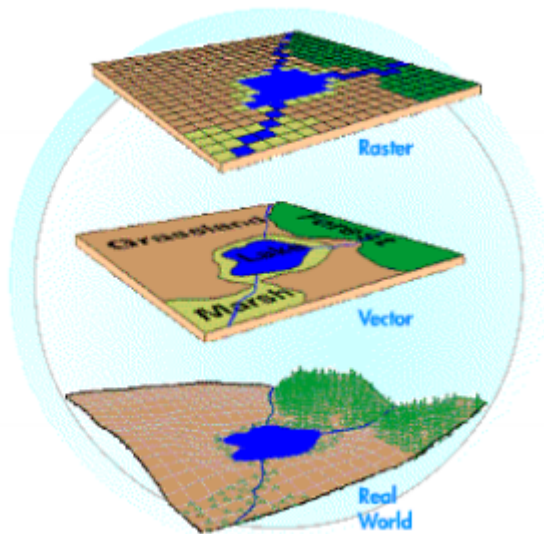


Figura 1. Captura de Información

### 4.5.1 Formato RASTER

El formato Raster se obtiene cuando se “Escanea” un mapa o una fotografía o cuando se obtienen imágenes digitales capturadas por satélites. En ambos casos se obtiene un archivo digital de esa información. La captura de la información en este formato se hace mediante los siguientes medios: scanners, imágenes de satélite, fotografía aérea.

### 4.5.2 Formato VECTORIAL

La información gráfica en este tipo de formatos se representa internamente por medio de segmentos orientados de rectas o vectores. De este modo un mapa queda reducido a una serie de vectores formado por pares ordenados de coordenadas, utilizados para representar puntos, líneas y superficies. La captura de la información en el formato vectorial se hace por medio de: mesas digitalizadoras, convertidores de formato Raster a formato vectorial, sistemas de posicionamiento global (GPS), entrada de datos alfanumérica, entre otros.

## 4.6 EL MANEJO DE LA INFORMACION

### 4.6.1 Modelos de diseño de un SIG

La tecnología de los SIG en la mayoría de los casos, se ha desarrollado sin una profundización teórica que sirva de base para su diseño e implementación; para sacar el mayor provecho de esta técnica, es necesario ahondar en ciertos aspectos teóricos y prácticos que los especialistas no deben perder de vista, partiendo de que no se puede confundir el SIG con digitalizar y teclear datos en el computador. Al iniciar el estudio para diseñar un SIG, debe pensarse que se van a manejar objetos que existen en la realidad, tienen características que los diferencian y guardan ciertas relaciones espaciales que se deben conservar; por lo tanto, no se puede olvidar en ningún caso que se va a desarrollar en el computador un modelo de objetos y relaciones que se encuentran en el mundo real. Para garantizar que el esquema anterior se pueda obtener, se construye una serie de modelos que permitan manipular los objetos tal cual como aparecen en la realidad, con esto, se convertirán imágenes de fenómenos reales en señales que se manejan en el computador como datos que harán posible analizar los objetos que ellas representan y extraerles información (Figura 2). Normalmente se llevan a cabo tres etapas para pasar de la realidad del terreno al nivel de abstracción que se representa en el computador y se maneja en los SIG y que definen la estructura de los datos, de la cual dependerán los procesos y consultas que se efectuarán en la etapa de producción:

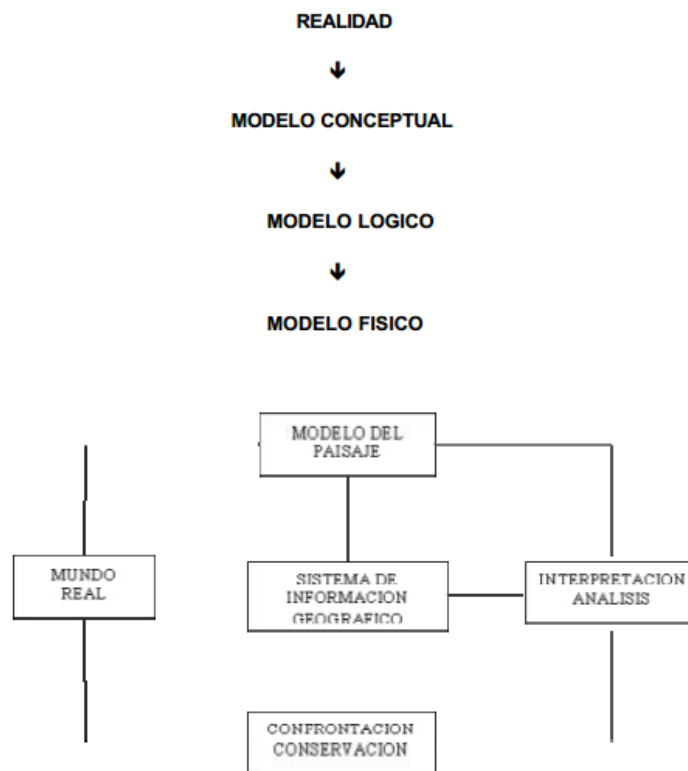


Figura 2. Modelo de diseño de un SIG

#### **4.6.2 Modelo conceptual**

Es la conceptualización de la realidad por medio de la definición de objetos de la superficie de la tierra (entidades) con sus relaciones espaciales y características (atributos) que se representan en un esquema describiendo esos fenómenos del mundo real. Para obtener el modelo conceptual, el primer paso es el análisis de la información y los datos que se usan y producen en la empresa que desarrolla el SIG; el siguiente paso es la determinación de las entidades y los atributos con las relaciones que aquellas guardan, de acuerdo con el flujo de información que los diferentes procesos que se llevan a cabo en la empresa. Existen diversos métodos para desarrollar tanto el modelo conceptual como los demás modelos, por cuanto este es la base para obtenerlos; entre ellos se tiene: Entidad asociación (EA) y Modelo Entidad Relación (MER). En los SIG, sobre todo si tienen algo de complejidad, se debe pensar siempre en el MER que garantiza la organización de todas las entidades con sus relaciones en un solo esquema de representación de las cosas como son en la realidad. Con este modelo se obtiene un medio efectivo para mostrar los requerimientos de información, organización y documentación necesarios para desarrollar el SIG y las clases de datos que se estarán manipulando.

#### **4.6.3 Modelo lógico**

Se puede definir como el diseño detallado de las bases de datos que contendrán la información alfa – numérica y los niveles de información gráfica que se capturarán, con los atributos que describen cada entidad, identificadores, conectores, tipo de dato (numérico o carácter) y su longitud; además, se define la geometría (punto, línea o área) de cada una de ellas.

Como se trata de manipular en el sistema los elementos del paisaje, se tienen que codificar para poder almacenarlos en el computador y luego manipularlos en forma digital y además, darles un símbolo para su representación gráfica en la pantalla o en el papel. Es en esta etapa que se elaboran las estructuras en que se almacenarán todos los datos, tomando como base el modelo conceptual desarrollado anteriormente. Se trata de hacer una descripción detallada de las entidades, los procesos y análisis que se llevarán a cabo, los productos que se espera obtener y la preparación de los menús de consulta para los usuarios. En esta parte de diseño del SIG se definen los diferentes tipos de análisis que se estarán llevando a cabo más adelante y las consultas que se vayan a realizar comúnmente, esto por cuanto de la estructura de las bases de datos (gráficas y alfa – numéricas) dependen los resultados obtenidos al final; es por lo anterior, que en esta etapa, se hace un diseño detallado de lo que contendrá el SIG y de la presentación que tendrán los productos normalmente, definiendo los tipos de mapas con sus leyendas, contenido temático y demás, reportes o tablas que se espera satisfagan los principales requerimientos de los usuarios y clientes; con estos se agilizarán los procesos que envuelvan directamente a los usuarios, ya que la mayoría de sus consultas podrán ser respondidas inmediatamente mientras las no

convencionales tomarán un poco más de tiempo. No todas las posibles consultas estarán resueltas desde este momento, por cuanto muchos clientes tienen requerimientos específicos o particulares que no permiten que todas las preguntas sean “montadas de antemano”, sobre todo en casos como el de catastro, en que debido a la gran variedad de información y de usuarios y clientes, los requerimientos diarios son muy diversos. No se trata de desarrollar un SIG cerrado que amarre a la gente a determinadas consultas, de lo que se trata es de ganar en eficiencia para satisfacer mejor y más rápido a los clientes. Una vez definido el modelo conceptual y el lógico, se conoce cuáles mapas se han de digitalizar y que información alfa – numérica debe involucrarse. Tanto el modelo conceptual como el lógico, son independientes de los programas y equipos que se vayan a utilizar y de su correcta concepción depende el éxito del SIG.

#### **4.6.4 Modelo físico**

Es la implementación de los anteriores modelos en el programa o software seleccionado y los equipos específicos en que se vaya a trabajar y por esto se realiza de acuerdo con sus propias especificaciones. El modelo físico determina en qué forma se debe almacenar los datos, cumpliendo con las restricciones y aprovechando las ventajas del sistema específico a utilizar.

#### **4.6.5 Almacenamiento de la Información**

En esta etapa se administra la información geográfica y descriptiva contenida en las bases de datos y los elementos en que físicamente son almacenados. La información en un GIS es almacenada en cuatro grandes conjuntos de bases de datos:

- Bases de datos de imágenes: Estas imágenes representan fotográficamente el terreno.
- Bases de datos complementarios de imágenes: Esta base de datos contiene símbolos gráficos y caracteres alfanuméricos georeferenciados al mismo sistema de coordenadas de la imagen real a la que complementan.
- Bases de datos cartográficos: Almacena la información de los mapas que representan
- diferentes clases de información de una área específica. Corresponden a las coberturas o categorías.
- Bases de datos de información descriptiva: Esta base facilita el almacenamiento de datos descriptivos en las formas más comunes de tal forma que puedan ser utilizados por otros sistemas.

#### **4.6.6 Manipulación de la Información**

La manipulación de la información incluye operaciones de extracción y edición. Así

mismo provee los mecanismos para la comunicación entre los datos físicos (extraídos por los módulos de almacenamiento y utilización por los módulos de análisis).

#### **4.6.7 Extracción de la información**

Las formas de extraer o recuperar información de los SIG son muy variadas y pueden llegar a ser muy complejas. Las formas básicas para extraer la información son:

#### **4.6.8 Extracción mediante especificación geométrica.**

Consiste en extraer información del SIG mediante la especificación de un dominio espacial definido por un punto, una línea o un área deseada. Por ejemplo: seleccionar por medio del apuntador gráfico un río en un mapa, una tubería en un plano.

#### **4.6.9 Extracción mediante condición geométrica**

Extraer por medio de un dominio espacial y una condición geográfica entidades gráficas. Por ejemplo: las poblaciones que se encuentren en un radio de 5 Km alrededor de una bocatoma.

#### **4.6.10 Extracción mediante especificación descriptiva.**

Extracción de las entidades espaciales que satisfagan una condición descriptiva determinada. Por ejemplo todos los predios que tengan el mismo dueño.

#### **4.6.11 Extracción mediante condición descriptiva o lógica.**

Extracción de entidades espaciales que cumplan la condición descriptiva y una expresión lógica cualquiera relacionada con uno algunos de sus atributos espaciales asociados. Por ejemplo, todos los predios que pertenezcan al mismo dueño, con áreas superiores a 500 hectáreas y perímetro superior a 10.000 metros.

#### **4.6.12 Edición de la Información**

Permite la modificación y actualización de la información. Las funciones de edición son particulares de cada programa SIG. Las funciones deben incluir:

- Mecanismos para la edición de entidades gráficas (cambio de color, posición, escala,
- dibujo de nuevas entidades gráficas, entre otros.)
- Mecanismos para la edición de datos descriptivos (modificación de atributos, cambios en la estructura de archivos, actualización de datos, generación de nuevos datos, entre otros).

#### 4.6.13 Análisis y modelamiento de la Información

Permite realizar las operaciones analíticas necesarias para producir nueva información con base en la existente, con el fin de dar solución a un problema específico. Las operaciones de análisis y modelamiento se pueden clasificar en:

#### 4.6.14 Generalización cartográfica.

Capacidad de generalizar características de un mapa o presentación cartográfica, con el fin de hacer el modelo final menos complejo (Figura 3).

#### 4.6.15 Análisis espaciales

Incluye las funciones que realicen cálculos sobre las entidades gráficas. Va desde operaciones sencillas como longitud de una línea, perímetros, áreas y volúmenes, hasta análisis de redes de conducción, intersección de polígonos y análisis de modelos digitales del terreno (Figura 4).

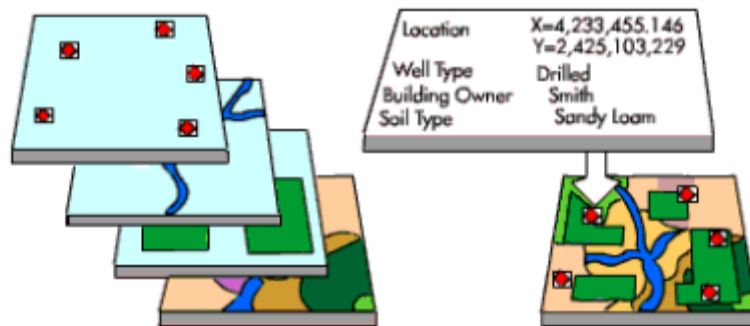


Figura 3. Generalización Cartográfica

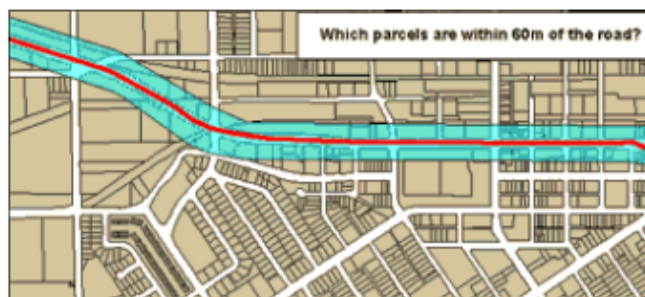


Figura 4. Análisis Espaciales

Los diferentes tipos de análisis que un SIG debe realizar son:

- Contigüidad: Encontrar áreas en una región determinada.
- Coincidencia: Análisis de superposición de puntos, líneas, polígonos y áreas.
- Conectividad. Análisis sobre entidades gráficas que representen redes de conducción, tales como:
  - Enrutamiento: Como se mueve el elemento conducido a lo largo de la red.
  - Radio de acción: Alcance del movimiento del elemento dentro de la red.
- Apareamiento de direcciones: Acople de información de direcciones a las entidades gráficas.
- Análisis digital del terreno: Análisis de la información de superficie para el modelamiento de fenómenos geográficos continuos. Con los modelos digitales de terreno (DTM: la representación de una superficie por medio de coordenadas X, Y, Z) que son la información básica para el análisis de superficies.
- Operación sobre mapas: Uso de expresiones lógicas y matemáticas para el análisis y modelamiento de atributos geográficos. Estas operaciones son soportadas de acuerdo con el formato de los datos (raster o vectorial)
- Geometría de coordenadas: Operaciones geométricas para el manejo de coordenadas terrestres por medio de operadores lógicos y aritméticos. Algunas de esas operaciones son: proyecciones terrestres de los mapas, transformaciones geométricas (rotación, traslación, cambios de escala), precisión de coordenadas, corrección de errores.

#### **4.6.16 Salida y representación de la información**

La salida de información de un SIG puede ser de tipo textual o de tipo gráfico. Ambos tipos de información pueden ser presentados en forma digital o analógica. La representación digital se utiliza cuando dicha información, o en general, a otro medio sistematizado. El medio analógico es el que se presenta al usuario como respuesta a un interrogante del mismo. La información textual analógica consiste normalmente en un conjunto de tablas que representan la información almacenada en la base de datos o representan el resultado de algún tipo de análisis efectuado sobre ésta. La información analógica gráfica consiste en mapas, gráficos o diagramas. Ambos tipos de información pueden ser presentados en una pantalla o impresos en el papel.

El sistema debe proveer la capacidad de complementar la información gráfica, antes de su presentación definitiva, por medio de una simbología adecuada y manejar la posibilidad de adicionar elementos geométricos que permitan una calidad y una visualización fáciles de entender por el usuario.



#### 4.7 ¿CUÁLES SON LAS APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA?

La utilidad principal de un Sistema de Información Geográfica radica en su capacidad para construir modelos o representaciones del mundo real a partir de las bases de datos digitales y para utilizar esos modelos en la simulación de los efectos que un proceso de la naturaleza o una acción antrópica produce sobre un determinado escenario en una época específica. La construcción de modelos constituye un instrumento muy eficaz para analizar las tendencias y determinar los factores que las influyen así como para evaluar las posibles consecuencias de las decisiones de planificación sobre los recursos existentes en el área de interés.

En el ámbito municipal pueden desarrollarse aplicaciones que ayuden a resolver un amplio rango de necesidades, como por ejemplo (Figura 5):

- Producción y actualización de la cartografía básica.
- Administración de servicios públicos (acueducto, alcantarillado, energía, teléfonos, entre otros)
- Inventario y avalúo de predios.
- Atención de emergencias (incendios, terremotos, accidentes de tránsito, entre otros).
- Estratificación socioeconómica.
- Regulación del uso de la tierra.
- Control ambiental (saneamiento básico ambiental y mejoramiento de las condiciones ambientales, educación ambiental)
- Evaluación de áreas de riesgos (prevención y atención de desastres)
- Localización óptima de la infraestructura de equipamiento social (educación, salud, deporte y recreación)
- Diseño y mantenimiento de la red vial.
- Formulación y evaluación de planes de desarrollo social y económico.<sup>6</sup>

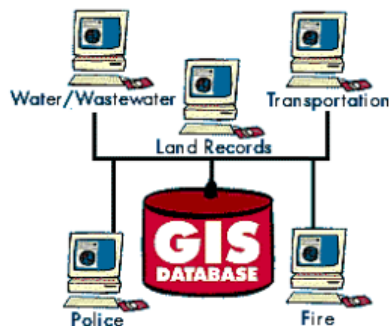


Figura 5. Aplicaciones SIG

<sup>6</sup> GEOINFO-SENSORES REMOTOS-GIS- GEOFISICA. Chile. (En línea) Consultado el 15/04/2014. Manizales. Disponible en: <http://www.geoinfo.cl/pdf/sig.pdf>

## 4.8 MÉTODOS PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA:

Dentro de los métodos para el diagnóstico de la actividad volcánica se pueden citar los métodos propuestos por M. Rosi y R.I. Tilling<sup>7</sup> que se resumen a continuación.

### 4.8.1 M. Rosi: Reconstrucción cuantitativa de actividad volcánica reciente:

Según M. Rosi citado por McGuire<sup>8</sup>, para la predicción de futuras erupciones en un volcán, es muy importante conocer los patrones pasados del comportamiento eruptivo de un volcán, cuando son volcanes con muchos años de actividad es fácil encontrar patrones de comportamiento y predecir muy acertadamente futuras erupciones. Sin embargo en volcanes con actividad explosiva continua y periodos prolongados de reposo en los cuales se puede observar un comportamiento aleatorio tanto en la frecuencia como en las características de las erupciones, se suponen eventos que cumplan con un cálculo de probabilidades acerca de la actividad volcánica. Para este propósito, las categorías más importantes de depósitos volcánicos y piroclásticos son revisados y discutidos en términos de sus características generales, valor estratigráfico y relaciones entre depósitos y áreas afectadas por cada evento eruptivo. La estrategia y objetivos de los estudios estratigráficos orientados al riesgo también son discutidos en vista de las necesidades específicas de recopilar información relevante para la predicción a largo plazo de la actividad volcánica. El trabajo de campo plantea la obtención de parámetros eruptivos tales como la altura de las columnas eruptivas y tasa de material volcánico expulsado, líneas de energía de corrientes piroclásticas densas y volumen de erupciones. Estos datos serán entradas para simuladores de erupciones que puedan ocurrir hasta en 50 a 100 años y también para la generación de mapas de riesgo. La predicción de las características de una erupción y la evaluación de la probabilidad de su ocurrencia, son los dos objetivos principales del estudio de la actividad de un volcán. Una mala predicción puede tener dramáticas consecuencias como descartar áreas expuestas a la devastación o realizar evacuaciones innecesarias.

La clave para la predicción de actividad volcánica futura, recae finalmente en el conocimiento de los sistemas volcánicos y en la capacidad de quienes realizan la evaluación de generar un modelo físico de la actividad. El modelo ideal debería ser un simulador volcánico que incluya la vulcanología, geología, petrología y geofísica que se puedan aplicar a cualquier volcán. Sin embargo los costos financieros y humanos para plantear este modelo son bastante elevados. Por tanto, mientras se llega a este nivel de desarrollo, la predicción de erupciones futuras se hace por la integración de información estratigráfica y vulcanológica de un volcán.

---

<sup>7</sup> TILLING, Robert I. y BEATE, Bernardo. Apuntes para un curso breve sobre los peligros volcánicos. Santa Fé (Nuevo México, EE.UU.) : Organización Mundial de Observatorios Vulcanológicos. Julio de 1989. p 51-70.

<sup>8</sup> MCGUIRE, Bill; KILBURN, Christopher and MURRAY, John. Monitoring active volcanoes, strategies, procedures and techniques. UCL Press. 1995. p 631

#### **4.8.2 R.I. Tilling: el papel del monitoreo en la predicción de eventos volcánicos:**

Según Tilling citado por McGuire<sup>9</sup>, la observación y medición regular de volcanes ha contribuido enormemente al desarrollo de la vulcanología. La vulcanología moderna se basa en dos premisas fundamentales: 1. el conocimiento pasado y presente del comportamiento de un volcán proporciona las mejores claves para pronosticar su actividad futura y 2. La observación de los procesos eruptivos y de los productos de un volcán activo, proveen, según Wright & Swanson, citado por McGuire<sup>10</sup>, una “clave para entender el origen de las unidades volcánicas constantes en el registro geológico”

La asociación de sismicidad premonitoria y deformación con la actividad eruptiva fue bien documentada en el siglo 20, pero generalmente estas observaciones fueron hechas después de erupciones, y éstas no fueron utilizadas para la predicción de eventos futuros.

No obstante, el monitoreo instrumental de la sismicidad inducida por el movimiento del magma y de deformación, llevaron al reconocimiento de patrones de actividad precursora y del incremento potencial de la actividad eruptiva. Sin embargo, es imposible decir si la ocurrencia de estos eventos terminarán o no en una erupción.

### **4.9 SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA DESARROLLADOS PARA ACTIVIDAD VOLCANICA Y MEDIO AMBIENTAL**

#### **4.9.1 Sig SEGEMAR**

Es el Sistema de Información Geográfica On-line del Servicio Geológico Minero Argentino. Es un nuevo servicio gratuito y de libre acceso desarrollado por el Instituto de Geología y Recursos Minerales para acceder mediante internet a la información geológica georreferenciada elaborada por el organismo.

El sistema de información emplea tecnologías de aplicaciones web geográficas, para generar y visualizar mapas dinámicos e interactivos on-line con información geológica georreferenciada. El usuario puede desplegar y superponer capas de información, hacer consultas, realizar operaciones de zoom, cambios de escala, generar un link de la vista en pantalla, visualizar leyendas, darle transparencia a las capas, medir distancias, calcular áreas etc.

SIG SEGEMAR fue desarrollado para internet utilizando exclusivamente software libre y se accede mediante la dirección <http://sig.segemar.gov.ar>. Este sistema se encuentra funcionando en un servidor dedicado del IGRM conectado a internet.

---

<sup>9</sup> McGUIRE. Op. cit. p 631

<sup>10</sup> Ibid. p. 370

En el corto y mediano plazo se irán agregando diferentes capas de información que actualmente no están cargadas.

Software libre utilizado: MapServer, Openlayer, Api Google Maps, GeoExt, Extjs TileCache, Python y Apache<sup>11</sup>

#### **4.9.2 Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental en Mexico**

Es un Sistema de Información Geográfica vía Internet, que la SEMARNAT pone a disposición de la ciudadanía para que a través de mapas y un sencillo proceso, identifique las condiciones ambientales generales de cualquier sitio de la República Mexicana.

Este SIG permite conocer el sitio donde se desarrollará su proyecto, sujeto a evaluación de impacto ambiental, se encuentra total o parcialmente dentro de algún área de importancia ambiental, como por ejemplo: Áreas Naturales Protegidas (Federales, Estatales y Municipales), Regiones prioritarias (Terrestres, Hidrológicas y Marinas), Ordenamientos Ecológicos (Regionales, Locales y Marinos), Uso del suelo y vegetación, y Otros (Sitios Ramsar, AICAS, UMAS y manglares). Además proporciona información adicional como:

Estados, municipios, microcuencas, suelos.<sup>12</sup>

#### **4.9.3 Integración de información cartográfica sobre riesgo volcánico por medio de sistemas de información geográfica**

Se describe la forma en que los resultados del análisis de riesgo volcánico en la zona del volcán Popocatepetl fueron integrados en un solo producto cartográfico de calidad por medio del SIG ARGIS ver 9.1. Para efectos de presentar la información de riesgo de una manera más comprensible, integraron información auxiliar que cumpliera una función de referencia y paralelamente enriquecería el producto. Los polígonos de riesgo constituyen la información principal del mapa, estos polígonos fueron capturados vía digitalización en el SIG. El hecho de capturar los datos de esta manera, permite calcular superficies, así como también asignar los colores ya achurados en función del grado y el tipo de riesgo, cualquier modificación a la forma de estos polígonos sería también resuelta de una manera rápida. Los mapas de áreas de peligro tanto por caída de materiales volcánicos como por derrumbes gigantes y flujos de lodo, fueron elaborados por el grupo de vulcanología e importados en forma de archivos raster e integrados al conjunto como esquemas.<sup>13</sup>

---

<sup>11</sup> Disponible en: <http://sig.segemar.gov.ar/>

<sup>12</sup> Disponible en : <http://mapas.semarnat.gob.mx/SIGEIA5e5PUBLICO/BOS/Bos.php#>

<sup>13</sup> BONIFAZ.R. Integración de Información Cartográfica sobre riesgo volcánico por medio de sistemas de información geográfica. Mexico. Disponible en : <http://www.disaster-info.net/lideres/spanish/mexico/biblio/spa/doc8615/doc8615-a.pdf>

#### **4.9.4 Determinación de peligros volcánicos aplicando técnicas de evaluación multicriterio y SIG en el área del Nevado de Toluca, centro de México**

Los estudios de peligros volcánicos a corto y largo plazo mediante la utilización de tecnologías geográficas generan un conocimiento útil para el análisis, planeación y manejo de las crisis volcánicas.

Se aplicó un método para integrar la información y obtener el mapa de peligros volcánicos del Nevado de Toluca, aplicando las técnicas de evaluación multicriterio (EMC) y SIG. Esta metodología comprende la evaluación y combinación de criterios aplicando reglas de decisión, basadas en el análisis y jerarquización de alternativas con el fin de generar información que determine las áreas más afectables y brinde apoyo en el proceso de toma de decisiones.<sup>14</sup>

#### **4.9.5 Aplicación del Sistema de Información Geográfica aplicado al riesgo volcánico**

Integrar un Sistema de Información Geográfica (SIG) en la zona de riesgo volcánico donde se incluyan una base de datos completa de los principales componentes de una región con un volcán como son relieve, curvas de nivel, mapa de pendientes, poblaciones en zona de vulnerabilidad, mapa de peligros volcánicos, precipitación, clima, modelo digital de elevación, geología, tipo de suelo, entre otros. La integración de los componentes antes mencionados sirve para dar seguimiento a un análisis multivariado del riesgo volcánico para la toma de decisiones.<sup>15</sup>

#### **4.9.6 La Integración regional de la amenaza volcánica para el Parque Nacional de Los Nevados en ambiente SIG**

Los volcanes tienden a distribuirse como cinturones lineales largos, cercanos a los límites donde convergen las placas corticales. Tal es el caso del Parque Nacional de los Nevados, situado en los Andes Colombianos, donde la Cordillera Central alcanza sus mayores alturas; está conformado por los volcanes activos de Cerro Bravo, Ruiz. Santa Isabel, Tolima y Machín.

Los mapas de amenaza de estos volcanes fueron incorporados en un SIG; al desplegarlos, fue posible observar que las áreas de amenaza definidas para cada uno, se superponen con las establecidas para volcanes vecinos. Los dos criterios preponderantes para la representación de la amenaza volcánica en un mapa son el probabilístico, que enfatiza en la estimación de la probabilidad de ocurrencia de todos

---

<sup>14</sup> QUESADA, Determinación de peligros volcánicos aplicando técnicas de evaluación multicriterio y SIG en el área del Nevado de Toluca, centro de México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 23, núm. 2, 2006.

<sup>15</sup> TELLEZ. Aplicación del Sistema de Información Geográfica aplicado al riesgo volcánico. Observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima

los fenómenos volcánicos, y el vulcanológico, que delimita áreas que podrían ser afectadas por una fenomenología volcánica específica.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> VILLEGAS, H. (2003): La Integración regional de la Amenaza volcánica para el Parque Nacional de Los Nevados en ambiente SIG.- GEOLOGIA COLOMBIANA, 28, pp. 13-23, Bogotá.

## **5. METODOLOGÍA**

### **5.1 FASE DE ANÁLISIS**

Actividad 1. Determinar los requerimientos Funcionales y no funcionales para definir las acciones que el sistema debe realizar.

Actividad 2. Levantamiento de la información sismológica derivada de la vigilancia volcánica emitida desde los puntos asignados de control.

### **5.2 FASE DISEÑO**

Actividad 1. Diseño de datos, creación de una base de datos espacial en la cual se utilizara como repositorio ordenado para la información sismológica cumpliendo los lineamientos de la subdirección de información del servicio geológico.

Actividad 2. Definir el enlace entre las aplicaciones que componen el SIG para manejo de la información sismológica.

Actividad 3. Creación de la interfaz web para el despliegue de la información sismológica tal como:

- Clasificación de sismos
- Valores de energía, amplitud, longitud, periodo, intensidad.
- Niveles según escala de richter.
- Localización de sismos.

### **5.3 FASE DESARROLLO**

Actividad. 1 Codificación o programación utilizando un lenguaje al lado del servidor.

Actividad. 2 Creación de consultas sql que cumplan los requerimientos del cliente.

### **5.4 FASE DE IMPLEMENTACIÓN**

Actividad 1. Instalación, manejo y optimización del sistema gestor de Base de datos postgresql 9.1 el cual va a contener la base de datos de información sismológica.

Actividad 2. Instalación, manejo y optimización de ArcGISServer para el despliegue de la información sismológica en un entorno web.

Actividad 3. Creación de copias incrementales de respaldo para garantizar que la información siempre esté disponible y actualizada

Actividad 4. Capacitación de usuarios para el manejo respectivo de la herramienta para

ayuda en su interpretación de los datos.

## **5.5 FASE DE PRUEBAS**

Actividad 1. Detectar Errores de software y de funcionamiento del SIG con las respectivas pruebas de campo, además de poder extender su utilidad a las diferentes sedes de los observatorios del país.



## 6. ANTECEDENTES

Actualmente los sistemas de información geográfica son utilizados en países (Ecuador, Japón, España, México, Colombia) para establecer las zonas que afectarían a las personas, vulnerabilidad de acuíferos, análisis de actividad volcánica, moldeamiento geomorfológico, entre otros. Respecto a los SIG el desarrollo que se ha tenido en lo que corresponde a vigilancia y monitoreo de volcanes es escaso, por lo anterior según la revisión bibliográfica hecha existe mayor información concerniente a utilización de los SIG en mapas de riesgo y amenaza volcánica.

### **6.1 Implementación de un sistema de información geográfica (SIG) para la integración y análisis de información en un observatorio Vulcanológico.**

El trabajo de tesis realizado por Monroy (2005)<sup>17</sup> se enfoca especialmente en la utilización de tres parámetros como los son el fisicoquímico, sismológico y deformativo evaluados por los puntos de control en los volcanes para obtener la información que alimentaría al sistema de información geográfica. Este desarrollo se realizó usando herramientas propietarias como: ArcGIS, .NET, y SQL-Server 2000. El SIG desarrollado asigna un rango de acuerdo con los resultados de la evaluación, utilizando 3 diferentes formas de diagnóstico como sería; temporal (usando rangos de fechas y combinaciones de parámetros de las diferentes áreas), espacial (definiendo un sector geográfico dividido en nodos y combinando parámetros de las diferentes áreas para cada nodo) y combinando (usando simultáneamente el diagnóstico temporal y el espacial). Plantea además que las reglas que rigen los niveles de actividad en la base de datos pueden ser modificados y crear nuevas para el diagnóstico, estableciendo valores establecidos para los niveles de actividad así: muy bajo, bajo, medio bajo, medio, medio alto y alto.

### **6.2 Sistema de Información Geográfica del volcán Popocatepetl**

En México, se planteó un proyecto sobre un Sistema de Información Geográfica para el Volcán Popocatepetl en la Universidad las Américas (Puebla). En él se propone un conjunto de herramientas para representar la zona del volcán Popocatepetl y para saber qué pueblos, lugares, carreteras y rutas de evacuación se afectarían si ocurriera un evento en dicho volcán. Se pensó en herramientas tipo SIG, porque permiten tanto hacer el análisis, como manejar los datos del volcán (geográfico y descriptivo), de manera que los tomadores de decisiones tengan un mayor número de elementos para analizar. Igualmente, investigadores del Servicio Geológico de los Estados Unidos realizaron mapas de riesgo de cinco volcanes activos en Washington. Para ello aplicaron herramientas SIG, con el objeto de determinar la peligrosidad de los volcanes

---

<sup>17</sup> MONROY, ME. Implementación de un sistema de información geográfica (SIG) para la integración y análisis de información en un observatorio Vulcanológico. Tesis de grado. Universidad de Manizales. 2005

y tomar las medidas adecuadas<sup>18</sup>

### **6.3 Aplicación Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica**

En Filipinas, el advenimiento de sensores remotos y tecnología SIG, es una gran ayuda en la delimitación de áreas cambiantes por repetidas ocurrencias de desastres naturales, el desarrollo de aplicaciones tales como la desarrollada para el volcán Pinatubo, hacen uso de los datos de dichos sensores para detectar posibles cambios y presentar un mapa de susceptibilidad con gran exactitud<sup>19</sup>

### **6.4 Contribución de los mapas de riesgo en la comunicación de peligros. Estudio de caso: Guatemala**

Green y Rose (1995) desarrollaron un SIG para la evaluación del riesgo volcánico en el Volcán Santa María (Guatemala). Ellos propusieron una metodología para definir el riesgo en términos de dólares como ayuda en los planes de contingencia, dividiendo las áreas de acuerdo al nivel de riesgo, mediante herramientas SIG.<sup>20</sup>

### **6.5 Sistema de Alerta Geoespacial**

El Instituto Federal de Tecnología de Suiza, ETH, diseñó quizás el único sistema disponible a la fecha para monitoreo volcánico en línea basado en SIG. El sistema lo han denominado GEOWARN (Geospatial Warning System) y permite compilar información geofísica, geoquímica y satelital (DTM) de los volcanes e integrarla en un SIG, inicialmente diseñado bajo plataforma ArcInfo 8.1, y motor de base de datos MS Access y luego fue emigrado a plataforma libre Java. El objetivo del proyecto es alertar sobre reactivación de volcanes dormidos o en estado de reposo. Para este caso en particular, se hace uso de las ventajas de los SIG en el monitoreo de la actividad volcánica, específicamente del Volcán Nevado del Ruiz; ya que debido a su facilidad para la ubicación espacial y temporal de eventos relacionados con este monitoreo, provee elementos útiles para el análisis de la actividad volcánica.

En la evaluación de la actividad volcánica, intervienen diversas áreas, cada una cumple una función dentro del proceso de monitoreo. Estas áreas son: geología, sismología,

---

<sup>18</sup> LOYO RAMOS, Edgar. Sistema de Información Geográfico del volcán Popocatepetl. [En línea] Puebla (México), 2000. Trabajo de grado (Licenciado en Ingeniería en Sistemas Computacionales). Escuela de Ingeniería. Universidad de las Américas, Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Tesis digitales UDLA Puebla / Tesis por autor/ L / Loyo Ramos, Edgar / Capitulo 2. Disponible en: [http://mailweb.udlap.mx/~tesis/loyo\\_r\\_e/capitulo2.pdf](http://mailweb.udlap.mx/~tesis/loyo_r_e/capitulo2.pdf)

<sup>19</sup> CALOMARDE, Rolando 1. Disasters pollution. Suceptibility Mapping Technique: An Application of Remote Sensing and Geographic Information System (GIS): A Case Study in Sto. Tomas-Marela River, Mt. Pinatubo, Zambales, Philippines. [En Línea] Zambales (Filipinas). 1998 GISDevelopment /Proceedings/ aars / acrs / ACRS 1998/

<sup>20</sup> GREEN, BD, ROSE WI, 1995. Volcanic Risk Map for Santa María, Guatemala: What can Risk Maps Contribute to Volcanic Hazard Communications?. Disponible en: <http://www.geo.mtu.edu/volcano/santamaria/volcrisk/>

fisicoquímica y deformación.<sup>21</sup>

### **6.6 Sistema de información Geográfica para el diagnóstico integral de la actividad volcánica utilizando software libre.**

Según Quintero y Restrepo (2009) en su trabajo de tesis desarrollaron un SIG con Software libre, para la manipulación de los datos generados en estaciones.

Estos módulos proporcionan herramientas para el ingreso de la información al sistema, utilizan el sistema de base de datos Postgresql versión 8.2 con extensión PostGIS que permite el manejo del sistema de información.

En su entorno grafico utilizaron el sistema MapServer y lograron la inserción de datos al sistema, en el cual los archivos pueden ser adjuntados por el sistema para su utilización<sup>22</sup>

### **6.7 Sistema de información geográfica aplicada al estudio de la amenaza sísmica en Colombia.**

Este SIG desarrollado por De la Torre dentro del marco de la Cátedra Silicon Graphics, patrocinado por Prosis-Procalculo, se utilizó particularmente PC-Arc/Info para la generación de mapas de amenaza sísmica para el territorio colombiano., Aplico el método de Algermissen para determinar para cada punto de una grilla, de 0,1 grados, cual es la amenaza sísmica a la que se está expuesto. Con lo anterior se generaron diferentes mapas de amenazas teniendo como parámetros el tiempo de exposición y la probabilidad de no excedencia. En última instancia presenta una comparación de los resultados obtenidos con los definidos por el Código Colombiano de Construcción Sismo-Resistente de 1984(CCCSR-84).Según el autor concluye que el método utilizado de Algermissen presenta un comportamiento puntual muy sensible a las concentraciones de epicentros. El método da una mayor importancia a la zona de influencia que a la fuente, lo que hace que los mapas de amenaza sean parecidos a los de ocurrencia de eventos y no proyecten muy bien la posibilidad de que se presenten eventos futuros en lugares con una actividad sísmica registrada pobremente que este asociados a sitios de alta actividad a través de una falla u otro tipo de relación geológica. La zona nororiental del país mostro una mayor concordancia con los mapas del (CCCSR-84), aunque su comportamiento fue bastante puntual. Algunas zonas como el norte de la Guajira y el centro de los llanos orientales presentaron amenazas mayores a las del (CCCSR-84) ya que carecen de fuentes conocidas<sup>23</sup>

---

<sup>21</sup> Geospatial warning systems”(En línea) Disponible en: <http://www.geowarn.ethz.ch>, 2003

<sup>22</sup> QUINTERO,VA,RESTREPO, GG, 2009. Sistema de información geográfica para el diagnóstico integral de la actividad volcánica utilizando software libre. Tesis de grado. Universidad de Manizales. 2009

<sup>23</sup> DE LA TORRE, Salvador, 2005. Sistema de información geográfica aplicada al estudio de la amenaza sísmica en Colombia. Tesis de grado. Universidad de los Andes. 2005.

## **6.8 Aplicación de sistemas de información geográfica aplicado al riesgo volcánico, del observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima, México**

En este trabajo plantea Tellez<sup>24</sup> que el volcán de fuego de Colima ubicado entre los estados de Jalisco y Colima ha presentado una actividad continua sin considerar aun el riesgo social y económico que implicaría para la región una erupción violenta. Integran un Sistema de Información Geográfica (SIG) en la zona de riesgo volcánico donde se incluyan una base de datos completa de los principales sistemas de monitores volcánico, relieve, curvas de nivel, mapa de pendientes, principales escurrimientos, población en zona de riesgo, mapa de peligros volcánicos, precipitación, clima, modelo digital de elevación, geología, tipo de suelo. Todo lo anterior lo conjuntan para dar seguimiento a un análisis multivariado del riesgo volcánico aun cuando el volcán no se encuentre en erupción. Todo lo anterior como respuesta más rápida y precisa de lo que ocurre en la zona de riesgo volcánico, como la presencia de lahar, explosión, caída de ceniza, además de la gran ventaja de poder modificar zonas de afectación e ir cambiando los rasgos de exclusión para la población en el momento de la erupción.<sup>25</sup>

---

<sup>24</sup> DE LA TORRE, Salvador, 2005. Sistema de información geográfica aplicada al estudio de la amenaza sísmica en Colombia. Tesis de grado. Universidad de los Andes. 2005.

<sup>25</sup> TELLEZ, JA, 2007. Aplicación de sistemas de información geográfica aplicado al riesgo volcánico. Universidad de Colima, México. Disponible en: <http://www.cenat.ac.cr/CongresoGeoprocesamiento/contenidos/ponencias/ATellez.pdf>.

## 7. RESULTADOS

Los datos obtenidos de la vigilancia volcánica del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales en cuanto a su disposición en almacenamiento tienen ciertos limitantes, es por esto que el SIG a ejecutar permitirá reunir y verificar la información. Con el correcto funcionamiento del SIG que dispone de la información generada del monitoreo volcánico, será un instrumento para el diagnóstico de la actividad del Volcán Nevado del Ruiz y los respectivos que conforman la red vulcanología a nivel Colombia.

El proyecto inicialmente retoma la información encontrada en el Observatorio Vulcanológico dispuesta en formato .txt y archivos Excel. A partir de lo anterior se crea una base de datos espacial utilizando el sistema motor de base de datos PostgreSQL con la extensión PostGIS, con este guardaremos la información de una manera más organizada y eficiente para su uso (Figura 6).

A continuación mediante la siguiente imagen se observa la base de datos espacial denominada Volcano la cual será consultada por la aplicación web cliente servidor.

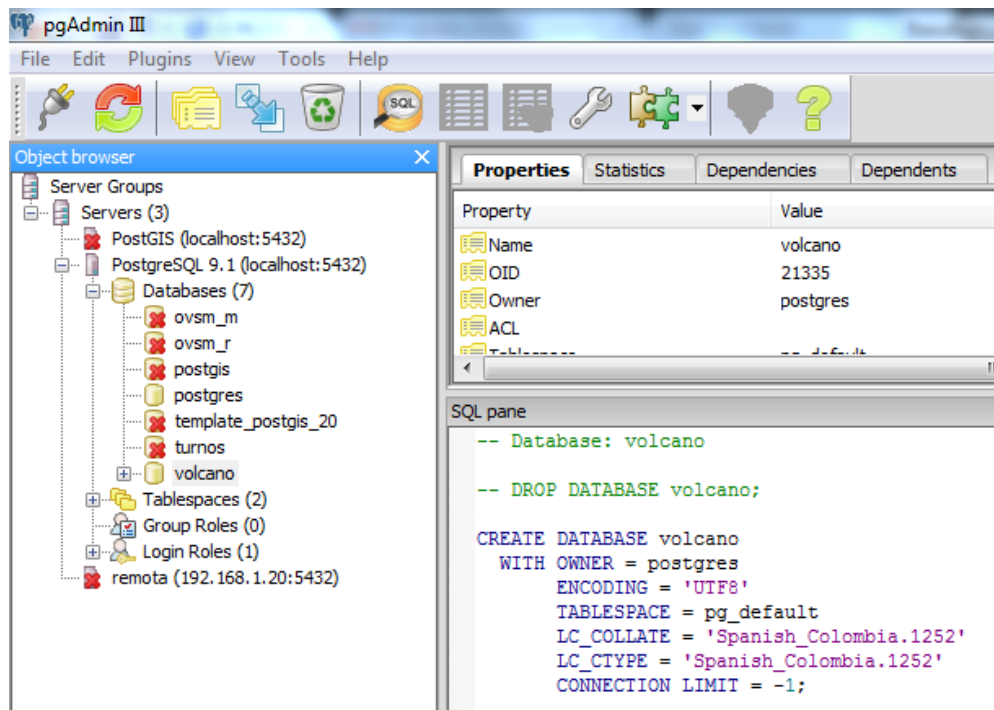


Figura 6. Base de datos espacial creada en el motor de base de datos PostgreSQL.

La base de datos cuenta con un total de 40 tablas generadas para la administración de la información trabajada por el Observatorio Vulcanológico de Manizales, a continuación describiremos solo aquellas que tiene contenido espacial.

En la base de datos se creó una tabla llamada Stations donde se almacenaran los características como son: nombre, código, volcán monitoreado, área, tipo de estación, tipo de conectividad, fecha de instalación y descripción que representan datos alfanuméricos, además de guardar la posición espacial de las estaciones ubicadas en los diferentes sitios de control (Figura 7). Esta ha sido obtenida a partir de la siguiente sentencia SQL y atributos:

```
CREATE TABLE stations
(
  id serial NOT NULL,
  nombre character varying(255) NOT NULL,
  codigo character varying,
  volcan_id integer,
  area_id integer,
  tipoestacion_id integer,
  conectividad_id integer,
  map_id integer,
  image_id integer,
  fecha_instalacion date,
  descripcion text,
  wgs84_lat_grad integer,
  wgs84_lat_min integer,
  wgs84_lat_seg numeric,
  latitud_wgs84 numeric,
  wgs84_lon_grad integer,
  wgs84_log_min integer,
  wgs84_log_seg numeric,
  longitud_wgs84 numeric,
  wgs84_alt numeric,
  int_lat_grad integer,
  int_lat_min integer,
  int_lat_seg numeric,
  int_latitud numeric,
  int_lon_grad integer,
  int_lon_min integer,
  int_lon_seg numeric,
  int_longitud numeric,
  int_alt numeric,
  magna_lat_grad integer.
```

Figura 7. Estructura Tabla Estaciones.

La siguiente tabla creada es llamada Observatories donde se almacenaran las características como son: nombre, alias, departamento, ciudad, dirección, correo, página, Facebook, guardando la posición espacial de los diferentes Observatorios pertenecientes al Servicio Geológico Colombiano (Figura 8).

```

CREATE TABLE observatorios
(
  id serial NOT NULL,
  nombre character varying(255) NOT NULL,
  alias character varying(255) NOT NULL,
  departamento_id integer NOT NULL,
  ciudad_id integer NOT NULL,
  direccion text NOT NULL,
  correo character varying(255) NOT NULL,
  pagina character varying(255) NOT NULL,
  facebook character varying(255) NOT NULL,
  created_at timestamp without time zone NOT NULL,
  updated_at timestamp without time zone NOT NULL,
  latitud_observatorio numeric,
  longitud_observatorio numeric,
  geom geometry(Point,4326),
  CONSTRAINT observatorios_pkey PRIMARY KEY (id )
)
WITH (
  OIDS=FALSE
);
ALTER TABLE observatorios
  OWNER TO postgres;

```

Figura 8. Estructura tabla Observatorios.

La siguiente tabla creada es llamada Volcanoes donde se almacenaran las características como son: nombre, latitud, longitud, alias, observatorio, descripcion, guardando la posición espacial de los diferentes Volcanes pertenecientes al Servicio Geológico Colombiano (Figura 9).

```

CREATE TABLE volcanos
(
  id serial NOT NULL,
  nombre character varying(255) NOT NULL,
  latitud character varying(255) NOT NULL,
  longitud character varying(255) NOT NULL,
  alias character varying(255) NOT NULL,
  observatorio_id integer NOT NULL,
  descripcion text NOT NULL,
  created_at timestamp without time zone NOT NULL,
  updated_at timestamp without time zone NOT NULL,
  categoria integer,
  geom geometry(Point,4326),
  CONSTRAINT volcanos_pkey PRIMARY KEY (id )
)
WITH (
  OIDS=FALSE
);
ALTER TABLE volcanos
  OWNER TO postgres;

```

Figura 9. Estructura Tabla Volcanes.

La siguiente tabla creada es llamada Places donde se almacenaran las características como son: nombre, latitud, longitud, imagen, descripción, guardando la posición espacial de los diferentes lugares de tomas de muestras geoquímicas por personal técnico del Servicio Geológico Colombiano (Figura 10).

```

CREATE TABLE places
(
  id serial NOT NULL,
  nombre character varying(255) NOT NULL,
  longitud numeric,
  latitud numeric,
  imagen character varying(255),
  descripcion text NOT NULL,
  created_at timestamp without time zone NOT NULL,
  updated_at timestamp without time zone NOT NULL,
  geom geometry(Point,4326),
  CONSTRAINT places_pkey PRIMARY KEY (id )
)
WITH (
  OIDS=FALSE
);
ALTER TABLE places
  OWNER TO postgres;

```

Figura 10. Estructura tabla Lugares.

La siguiente tabla creada es llamada Quakes donde se almacenaran las características como son: fecha, hora, magnitud, profundidad, región, país, observatorios, guardando la posición espacial de los diferentes sismos tectónicos que ocurren en el territorio Colombiano en las estructuras vigiladas (Figura 11).

```

CREATE TABLE quakes
(
  id serial NOT NULL,
  fecha date NOT NULL,
  hora_ut time without time zone NOT NULL,
  hora_local time without time zone NOT NULL,
  magnitud double precision NOT NULL,
  profundidad double precision NOT NULL,
  region text NOT NULL,
  pais_id integer NOT NULL,
  observaciones text NOT NULL,
  reporto_id integer,
  created_at timestamp without time zone,
  updated_at timestamp without time zone,
  CONSTRAINT quakes_pkey PRIMARY KEY (id )
)
WITH (
  OIDS=FALSE
);
ALTER TABLE quakes
  OWNER TO postgres;

```

Figura 11. Estructura tabla Tectónicos.



La tabla Spatial\_REF\_SYS está incluida en PostGIS, esta enumera unos 3000 sistemas de referencias espaciales conocidos y los detalles necesarios para transformar/reproyectar entre ellos (Figura 12).

```
CREATE TABLE spatial_ref_sys
[ (
  srid integer NOT NULL,
  auth_name character varying(256),
  auth_srid integer,
  srtext character varying(2048),
  proj4text character varying(2048),
  CONSTRAINT spatial_ref_sys_pkey PRIMARY KEY (srid ),
  CONSTRAINT spatial_ref_sys_srid_check CHECK (srid > 0 AND srid <= 998999)
- )
] WITH (
  OIDS=FALSE
- );
ALTER TABLE spatial_ref_sys
  OWNER TO postgres;
```

Figura 12. Estructura tabla incluida en PostGIS.

El diseño de las interfaces se hace a través de lenguaje de programación PHP el cual permite integrar los diferentes procesos para la adición, consulta y diagnóstico de datos.

Mediante la utilización del Api de Google Maps se crearon mapas para la visualización de la ubicación de las diferentes estaciones y de los sismos derivados de la vigilancia volcánica.

Inicialmente se hace una aplicación que cuenta con una autenticación por usuario para garantizar que personas autorizadas puedan manipular y acceder a la información (Figura 13).

# Volcano

Ingrese su nombre de usuario y contraseña

Iniciar Sesión

[Iniciar Sesión](#) [Registrarse](#)

Figura 13. Interfaz para autenticar usuario.

Dependiendo del perfil de usuario se le mostrara un menú con las diferentes opciones que este tendrá a ejecutar. Cuando se accede a este módulo por usuario entonces se presentan diferentes enlaces que nos presentan los respectivos formularios y módulos donde se visualiza la información (Figura 14).

The screenshot shows the 'Volcano' user interface. On the left is a dark sidebar menu with the following items: Observatorios, Volcanes, Camaras, Tectonico, Telesismos, Monitoreo Volcánico, Estaciones - Repetidoras, MobIDGAS, and Usuarios. The main content area is titled 'Bienvenido a VOLCANO' and includes a welcome message for 'Ruben Dario Jimenez' with the last login time '2014-09-06 18:36:35'. Below this is a 'Consulta Estaciones' section with three buttons: 'OVSM', 'Nueva Estación', and 'Mapa Estaciones'. The main content is divided into three columns: 'Estaciones Volcánicas' (277 total, with a 'Nueva Estación' button and a 'Manzales 277' dropdown), 'Volcanes' (10 total, with a 'Nuevo Volcán' button and a 'Manzales 10' dropdown), and 'Repetidoras' (25 total, with a 'Nueva Repetidora' button and a 'Manzales 25' dropdown). Each column also has a 'Listado' button at the bottom.

Figura 14. Menú inicial de Usuario.

De los diferente módulos que se tienen en la aplicación a continuación se realiza una descripción de cada uno de los contenidos por ellos generados desde la base de datos para con los respectivos usuarios.

La primera opción de enlace a los módulos se denomina Observatorios y muestra los diferentes observatorios administrados por el Servicio Geologico Colombiano en el país;

con la respectiva función de editarlos y consultarlos (Figura 15).

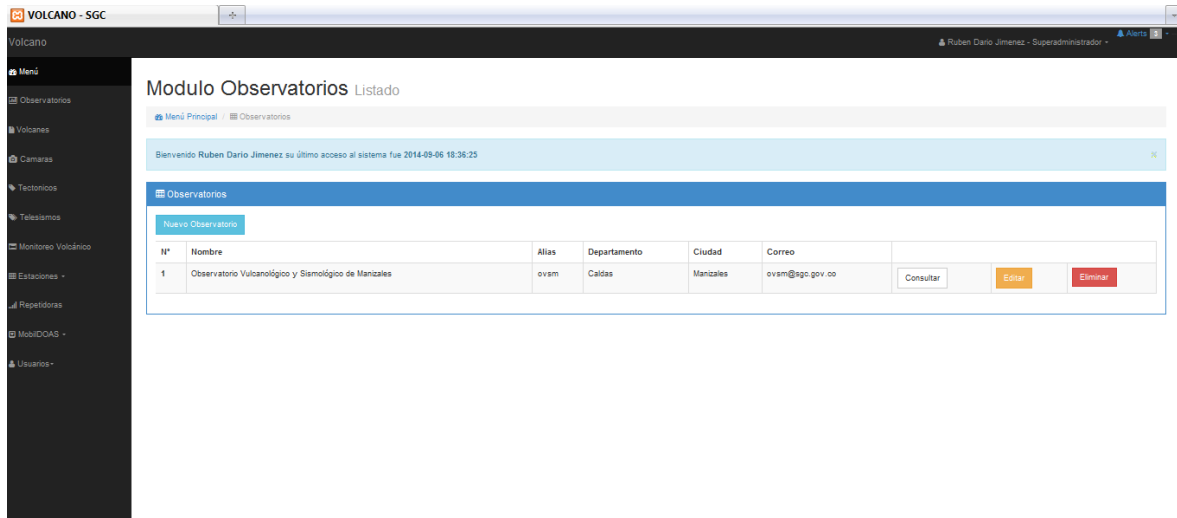


Figura 15. Módulo Observatorios

La segunda opción de enlace a los módulos se denomina Volcanes y presenta las estructuras monitoreadas por cada observatorio, además de permitir editar y consultarlos cada uno de estos a nivel nacional (Figura 16).

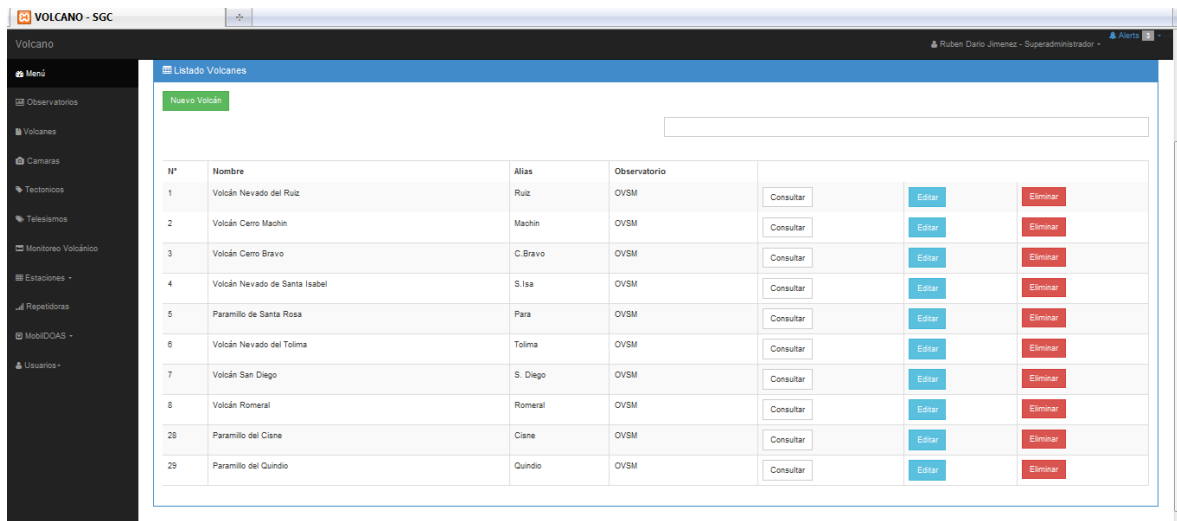


Figura 16. Módulo Volcanes.

La tercera opción de enlace a los módulos se denomina cámaras y muestra las estructuras monitoreadas desde el observatorio.

La cuarta opción de enlace a los módulos se denomina Tectónicos y presenta los correspondientes sismos que son reportados por la Red Sismológica Colombiana, con características como fecha, hora, magnitud, latitud, longitud, departamento, municipio, profundidad, sentido; estos datos son administrados por personal capacitado del

observatorio vulcanológico (Figura 17).

Modulo Tectonicos Listado

Bienvenido Ruben Dario Jimenez su último acceso al sistema fue 2014-09-06 18:36:25

Sismos Tectonicos

Adicionar Nuevo Sismo Tectonico

| Fecha      | Hora     | Magnitud | Latitud | Longitud | Departamento | Municipio  | Profundidad | Sentido                              | Reporto           |        |          |
|------------|----------|----------|---------|----------|--------------|------------|-------------|--------------------------------------|-------------------|--------|----------|
| 2014-05-11 | 11:31:00 | 10       | -75.04  | 4.2      | Antioquia    | Caldas     | 4           | Prueba                               | Oscar Hernan      | Editar | Eliminar |
| 2014-05-11 | 11:39:00 | 10       | -75.03  | 4.22     | Antioquia    | Abraqui    | 10          | Sentido en el volcán nevado del ruiz | Cristian Mauricio | Editar | Eliminar |
| 2014-05-11 | 11:44:00 | 4        | 101     | 101      | Quindío      | Armenia    | 7           | 44444                                | Oscar Hernan      | Editar | Eliminar |
| 2014-05-11 | 14:04:00 | 10       | -75.2   | 4.34     | Caldas       | Manizales  | 10          | En todo Colombia                     | Ana Maria         | Editar | Eliminar |
| 2014-05-10 | 10:33:00 | 3.7      | -73.18  | 6.8      | Santander    | Los santos | 144.4       | En los Santos                        | Ana Maria         | Editar | Eliminar |

Figura 17. Módulo Sismos Tectónicos

La quinta opción de enlace a los módulos se denomina Telesismos y presenta los correspondientes sismos que son reportados por la Red Sismológica Estadounidense a nivel mundial, con características como fecha, hora UT, magnitud, profundidad, región, observaciones, reporte; estos datos son administrados por personal capacitado del observatorio vulcanológico (Figura 18).

Modulo Telesismos Listado

Bienvenido Ruben Dario Jimenez su último acceso al sistema fue 2014-09-06 18:36:25

Telesismos

Adicionar Nuevo Telesismo

| Fecha      | Hora UT  | Hora local | Magnitud | Profundidad | Region                                | Pais        | Observaciones           | Reporto           |        |          |
|------------|----------|------------|----------|-------------|---------------------------------------|-------------|-------------------------|-------------------|--------|----------|
| 2014-05-10 | 12:00:00 | 12:00:00   | 3        | 3           | 1                                     | Afghanistan | a                       | Oscar Hernan      | Editar | Eliminar |
| 2014-05-11 | 10:50:00 | 10:50:00   | 1        | 1           | 11                                    | Colombia    | Sentido en todo el país | Oscar Hernan      | Editar | Eliminar |
| 2014-05-11 | 10:57:00 | 10:57:00   | 3.9      | 3.8         | aaa                                   | Bahamas     | a                       | Oscar Hernan      | Editar | Eliminar |
| 2014-05-11 | 11:13:00 | 11:13:00   | 3        | 3           | 333                                   | Andorra     | 33                      | Cristian Mauricio | Editar | Eliminar |
| 2014-05-11 | 14:18:38 | 14:18:41   | 19       | 13          | North of the coast of Papua Indonesia | Indonesia   | NEIC                    | Ana Maria         | Editar | Eliminar |
| 2014-05-13 | 10:28:50 | 10:28:58   | 50       | 46.2        | 18km W of Kishwar                     | India       | Prueba                  | Oscar Hernan      | Editar | Eliminar |

Figura 18. Módulo Telesismos

La sexta opción de enlace a los módulos se denomina Modulo estaciones y presenta los correspondientes estaciones situadas en el país para cada una de los diferentes volcanes, este módulo tiene características como volcán, área, tipo de estación, observatorio (Figura 19).

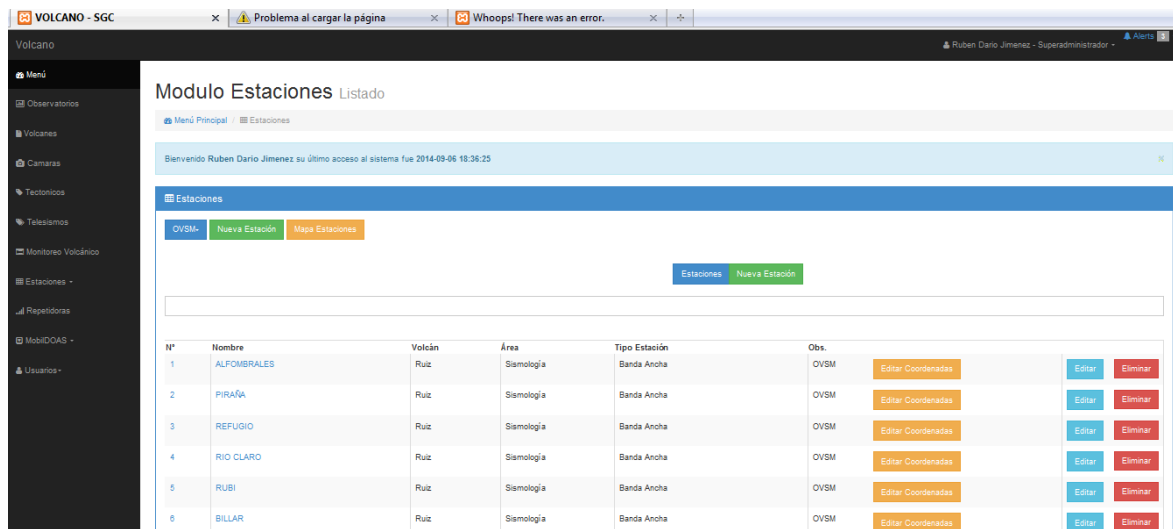


Figura 19. Modulo Estaciones.

Cada una de estas estaciones presenta información de gran valor de consulta por parte de los usuarios encargados de la vigilancia volcánica en el Observatorio como la que se muestra a continuación, que corresponde a cada una de las estaciones y donde se hace la respectiva ubicación espacial a través de la API de Google Maps (Figura 20).

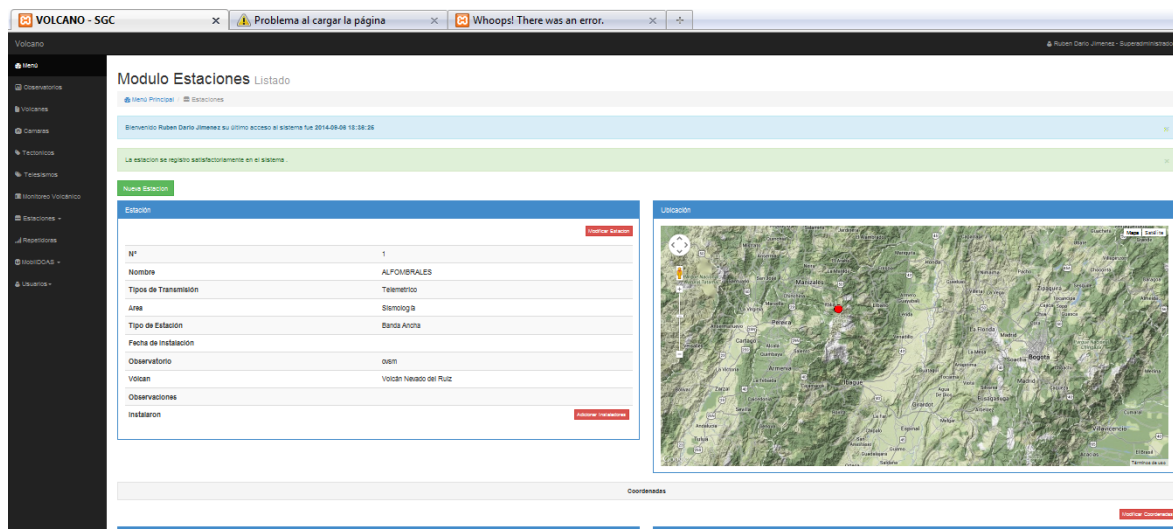


Figura 20. Vista de una estación.

La séptima opción de enlace a los módulos hace parte del Modulo estaciones y presenta el sub-módulo correspondiente a Área que muestra las diferentes disciplinas de monitoreo volcánico como son la sismológica, deformación, geofísica, geoquímica (Figura 21).

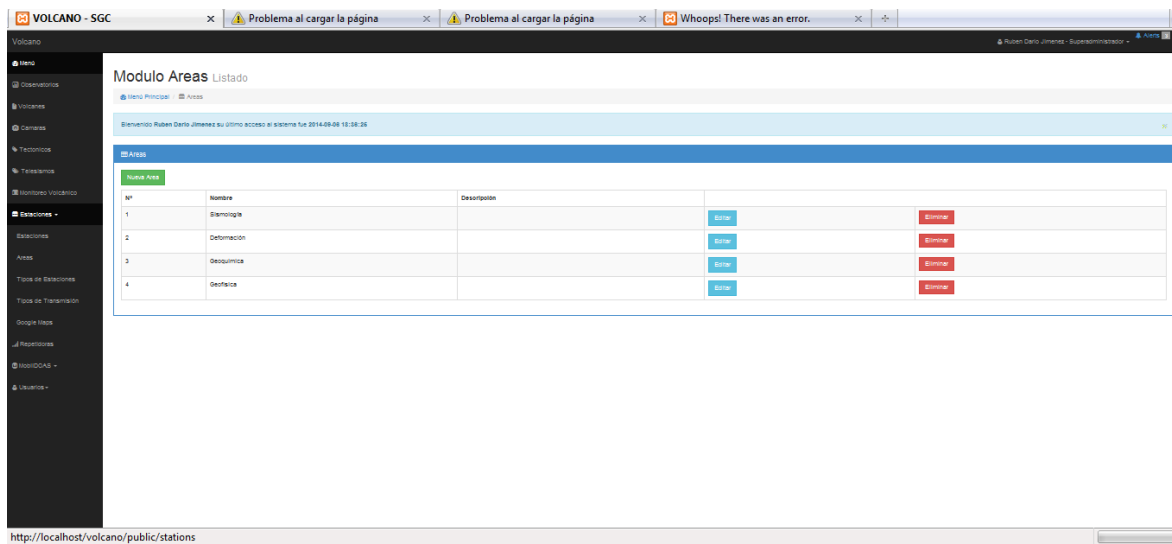


Figura 21. Modulo Áreas.

La octava opción de enlace a los módulos hace parte del Módulo estaciones y presenta el sub-modulo correspondiente a Tipos de Estaciones (Figura 22) que hace una categorización de estas, simbolizándolas y asignándolas al área correspondiente específica (Sismología, deformación, geofísica, geoquímica).

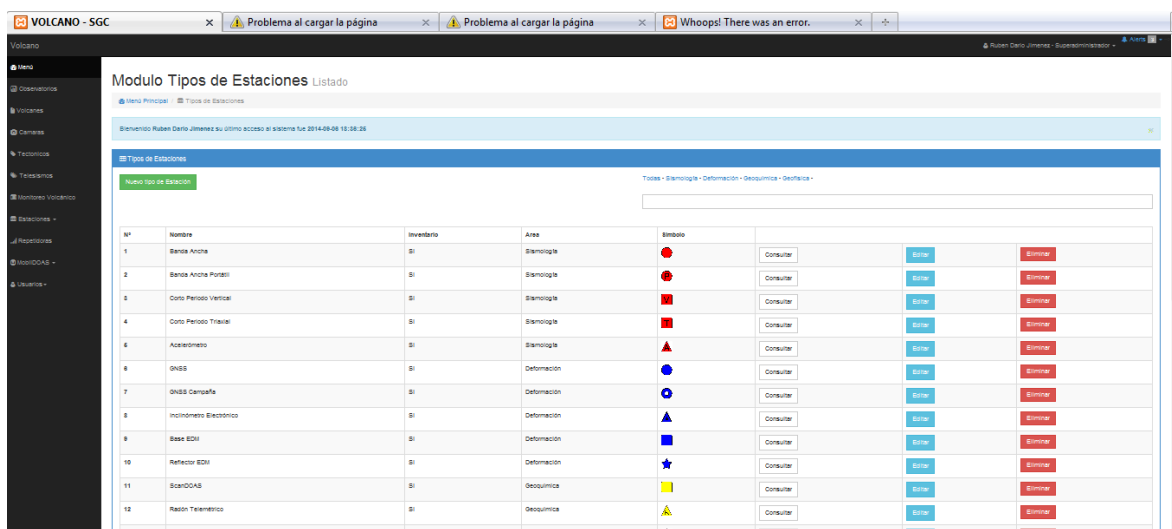


Figura 22. Modulo Tipos de Estaciones.

La novena opción de enlace es el Modulo Repetidoras y presenta las diferentes repetidoras con las que cuenta el observatorio Vulcanológico a nivel nacional para transmisión de datos, con su respectiva ubicación geográfica (Figura 23).

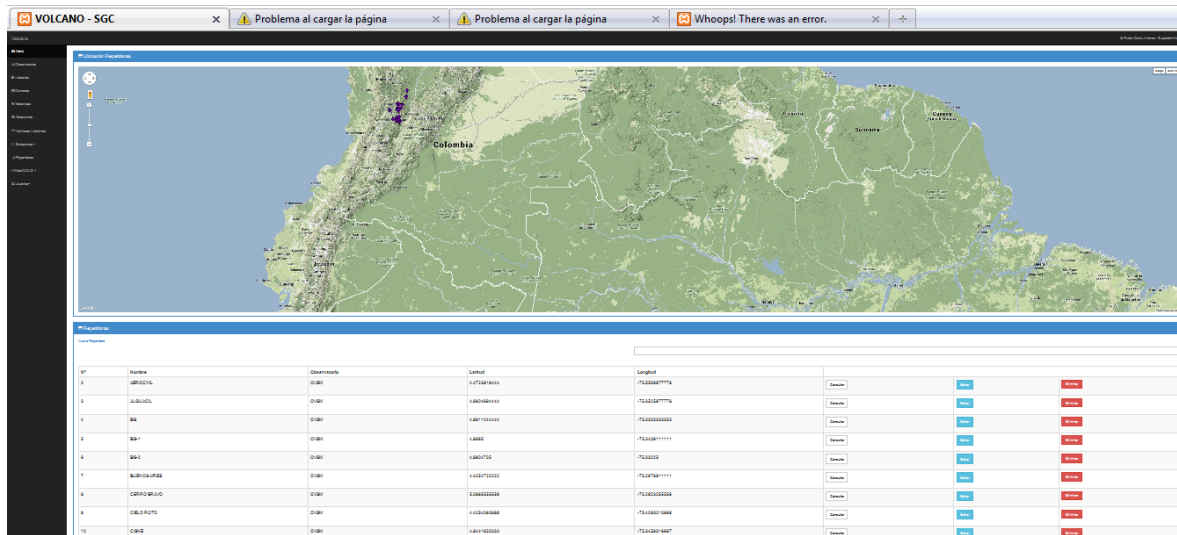


Figura 23. Modulo Repetidoras.

A continuación se presenta uno de los resultados finales que generara la aplicación desarrollada, el cual muestra a través de la consulta la ubicación espacial de una de las estaciones sismológicas en el territorio colombiano con atributos como: número, nombre, tipo de transmisión, área, tipo de estación, observatorio, volcán, observaciones e instaladores (Figura 24).

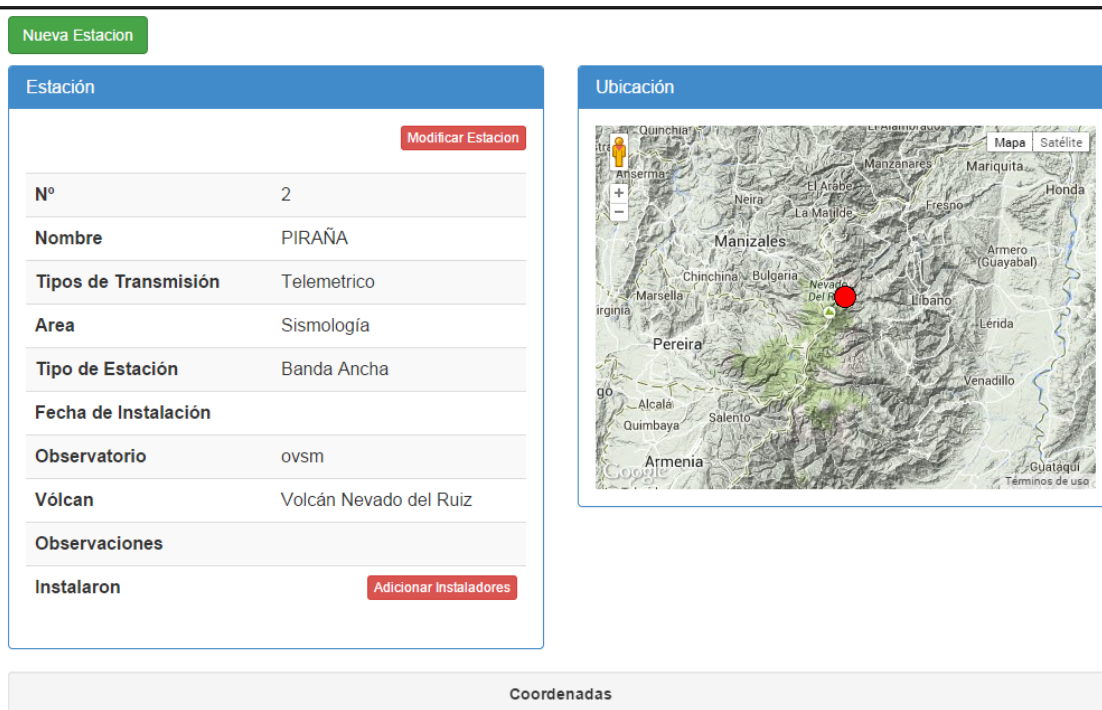


Figura 24. Consulta estaciones sismológicas.

Otro de los resultados finales que generara la aplicación desarrollada, es la consulta de la ubicación espacial de una de las repetidoras que se utilizan para transmitir datos obtenidos en campo hacia la base de almacenamiento, la cual tiene atributos como: Código, latitud, longitud, altura, observatorio, fecha creación, observaciones (Figura 25).

## Consultar Repetidora

[Regresar al Modulo Repetidoras](#)

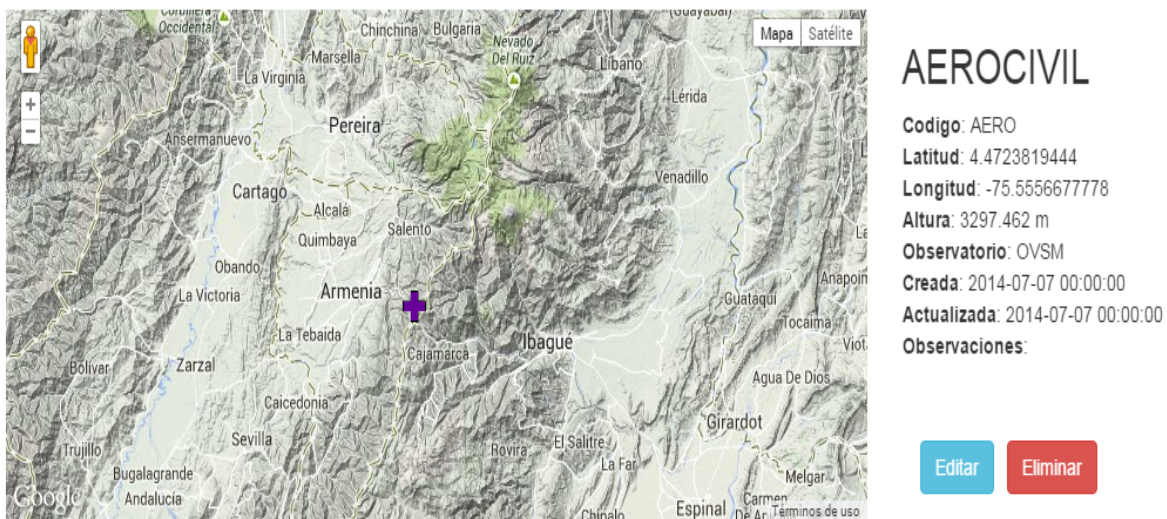


Figura 25. Consulta Repetidora.

En las siguientes imágenes se puede evidenciar que la base de datos espacial puede ser consultada por clientes de escritorio SIG (QGIS y gvSIG) (Figura 26 y Figura 27), como ejemplo se muestran las diferentes estaciones ubicadas en el territorio colombiano según la consulta generada.



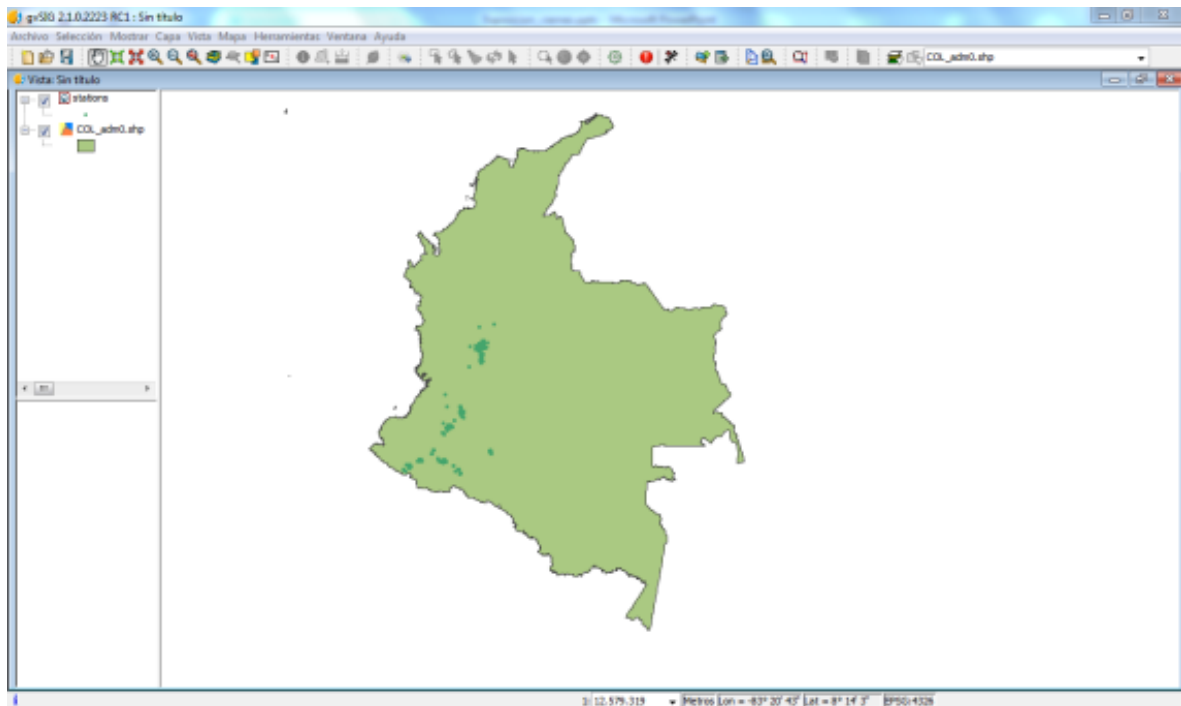


Figura 26. Cliente gvSIG.

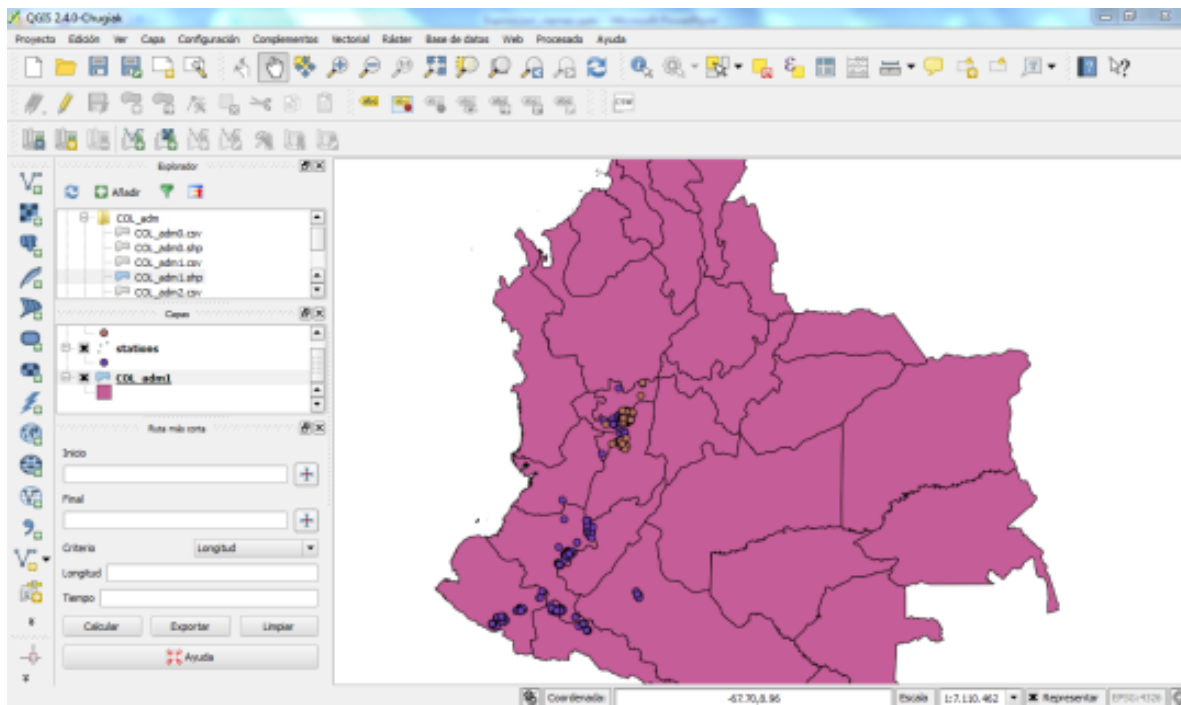


Figura 27. Cliente QGIS.

## 8. CONCLUSIONES

- El sistema de Información está diseñado como herramienta para la aplicación en el Observatorio Vulcanológico de Manizales, logrando la reducción de labores tediosas en los procesos, integrándolos y volviéndolos más eficientes en cuanto a su ejecución, debido a que se consigue la centralización de los datos adquiridos teleméricamente y se permite disminuir la duplicidad en cuanto al manejo de la información, dispuesta por cada área de trabajo.
- El SIG a los usuarios les permite realizar las diferentes consultas Web de una forma más amigable y segura, para obtener los datos necesarios respecto a la información volcánica actualizada.
- El sistema de información geográfica permite la utilización de otros motores de bases de datos como PostgreSQL, integrando el anterior con servicios web, para un desarrollo adecuado del servicio brindado a la comunidad.

## 9. RECOMENDACIONES

- El SIG permite la interacción con el sistema operativo Linux, pero frecuentemente se trabaja con Microsoft Windows.
- Es necesaria la capacitación constante sobre los usuarios del observatorio para lograr un buen manejo de la herramienta y del software Argis.
- El SIG alcanzará su máxima efectividad entre tanto los usuarios y el administrador del mismo establezcan un intercambio en cuanto a mejoras contantes para robustecer el sistema.
- Se harán supervisiones constantes con personal técnico en los equipos dispuestos para la aplicación del SIG y que cumplan con las características paras su soporte.

## 10. GLOSARIO

**ArcGIs:** Es el nombre de un conjunto de productos de software en el campo de los Sistemas de Información Geográfica o SIG. Producido y comercializado por ESRI, bajo el nombre genérico ArcGIS se agrupan varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica. Estas aplicaciones se engloban en familias temáticas como ArcGIS Server, para la publicación y gestión web, o ArcGIS Móvil para la captura y gestión de información en campo.

**Geodatabase:** es una colección de datasets de diversos tipos que se utiliza en ArcGIS y se administra en una carpeta de archivos o una base de datos relacional. Es la fuente de datos nativa para ArcGIS y se utiliza para la edición y automatización de datos en ArcGIS.

**Geoquímica:** La geoquímica es una especialidad de las ciencias naturales, que sobre la base de la geología y de la química estudia la composición y dinámica de los elementos químicos en la Tierra, determinando la abundancia absoluta y relativa, distribución y migración de los elementos entre las diferentes partes que conforman la Tierra (hidrosfera, atmósfera, biósfera y geósfera) utilizando como principales testimonios de las transformaciones los minerales y rocas componentes de la corteza terrestre, con el propósito de establecer leyes o principios en las cuales se basa tal distribución. Los elementos geoquímicos son en una escala de mayor a menor abundancia: oxígeno, silicio, aluminio, hierro, calcio, sodio, potasio y magnesio.

**Lahar:** Es un flujo de sedimento y agua que se moviliza desde las laderas de volcanes. Durante los últimos siglos, los lahares han destruido más propiedad pública o privada que cualquier proceso volcánico y han sido los causantes de la pérdidas de miles de vidas humanas. Los lahares, junto con la caída de tefra, son la principal causa de riesgo asociado a volcanes.

**Piroclastos:** Se trata de magma que se fragmenta, se expulsa y distribuye por el viento en forma de material suelto (a estos fragmentos, sueltos o compactados, de los que se compone se les denomina, propiamente, piroclastos, que, cuando su tamaño es mínimo, se convierten en ceniza).

**PHP:** es un lenguaje de programación de uso general de código del lado del servidor originalmente diseñado para el desarrollo web de contenido dinámico. Fue uno de los primeros lenguajes de programación del lado del servidor que se podían incorporar directamente en el documento HTML en lugar de llamar a un archivo externo que procese los datos. El código es interpretado por un servidor web con un módulo de procesador de PHP que genera la página Web resultante. PHP ha evolucionado por lo que ahora incluye también una interfaz de línea de comandos que puede ser usada en aplicaciones gráficas independientes. Puede ser usado en la mayoría de los

servidores web al igual que en casi todos los sistemas operativos y plataformas sin ningún costo.

**PostGIS:** es un módulo que añade soporte de objetos geográficos a la base de datos objeto-relacional PostgreSQL, convirtiéndola en una base de datos espacial para su utilización en Sistema de Información Geográfica. Se publica bajo la Licencia Pública General de GNU. Postgis ha sido desarrollado por la empresa canadiense Refraction Research, especializada en productos "Open Source" entre los que habría que citar a Udig. PostGIS es hoy en día un producto veterano que ha demostrado versión a versión su eficiencia. En relación con otros productos, PostGIS ha demostrado ser muy superior a la extensión geográfica de la nueva versión de MySQL, y a juicio de muchos, es muy similar a la versión geográfica de la base de datos Oracle.

**SQL Server:** Motor de base de datos profesional de la Microsoft. Posee características de seguridad y buena capacidad de almacenamiento de información. Permite manejar bases de datos distribuidas.

**UML (Lenguaje de Modelamiento Unificado):** Lenguaje estándar para escribir planos de software, puede utilizarse para visualizar, especificar, construir y documentar los artefactos de un sistema que involucra una gran cantidad de software. UML es apropiado para modelar desde Sistemas de Información en empresas hasta aplicaciones distribuidas basadas en la Web, e incluso para sistemas empotrados de tiempo real muy exigentes. Es un lenguaje muy expresivo que cubre todas las vistas necesarias para desarrollar y luego desplegar tales sistemas.

**Zona de Subduccion:** Área en la cual dos placas Continentales u oceánicas convergen una por debajo de la otra por diferencia de densidades.

**Zona de Benioff:** Región encontrada en la zona de subducción de gran roce entre las placas y donde se presenta el mayor índice de actividad sísmica.

## 11. BIBLIOGRAFIA

BOOCH, Grady; RUMBAUGH, James y JACOBSON, Ivar. El lenguaje unificado de modelado. Madrid : Addison Wesley Iberoamericana, 1999. 432 p.

CALOMARDE, ROLANDO 1. Disasters pollution. Suceptibility Mapping Technique: An Application of Remote Sensing and Geographic Information System (GIS): A Case Study in Sto. Tomas-Marela River, Mt. Pinatubo, Zambales, Philippines. [En Línea]. Zambales (Filipinas). 1998. GISdevelopment /aars/acrs/ ACRS 1998/ Disasters/Pollutions. Disponible en: <http://www.GISdevelopment.net/aars/acrs/1998/ts3/ts3002a.shtml>

CARVAJAL, Cesar A: ORDÓÑEZ, Milton y JARAMILLO, Marcelo. SIG aplicado al control geodésico de fallas activas: Caso de Estudio Falla Villa María termales. En: Horizontes Naturales. No. 3 (Enero–Diciembre, 2001); p. 15-25.

DEMERS, Michael M. Fundamentals of Geographic Information Systems. Second Edition. Jhon Wiley & Sons. Inc. Inc. 1999; p 498.

ESRI. Introduction to ArcGIS I. 2000. p. 173.

EWERT, John W: SWANSON, Donald A. Vigilando Volcanes: Técnicas y Estrategias Empleadas por el Personal del Observatorio Vulcanológico Cascades, 1980-90. Servicio Geológico de los Estados Unidos. Washington. 1993. p. 237

GARCÍA DUQUE, Carlos Emilio y SUÁREZ ÁNGEL, María Consuelo. Instructivo para la Elaboración de Informes de Investigación. 3 ed.

Departamento de Publicaciones Universidad de Manizales. 1997; p. 43.

GEOINFO-SENSORES REMOTOS-GIS- GEOFISICA.Chile.(En línea) Consultado el 15/04/2014.Manizales Col. Disponible en: <http://www.geoinfo.cl/pdf/sig.pdf>

GEOWARN. Geospatial Warning System. ETH, Zurich. [En línea]. <http://www.geowarn.ethz.ch>, 2003.

GREEN, BD, ROSE WI, 1995. Volcanic Risk Map for Santa María, Guatemala: What can Risk Maps Contribute to Volcanic Hazard Communications?. [En línea]. Disponible en: <http://www.geo.mtu.edu/volcanoes/santamaria/volcrisk/>

GUARDADO LACABA, Rafael Guardado: KEMPENA, Adolphe y, MARTÍNEZ VARGAS Adrian. Cartografía y evaluación del impacto geoambiental a través de un sistema de información geográfica. En: Minería y geología, vol XVII, No. 3-4 (año 2000); p. 23-31.

INGEOMINAS, Observatorio Vulcanológico de Colombia, Sistemas de Información Geográficos.

ISO, International Organization of Standardization. ISO TC 211. Geographic Information, [En línea] ISO.org. Disponible en internet:  
<http://www.iso.org/iso/en/CombinedQueryResult.CombinedQueryResult?queryString=geographic+information>

KUMAR HAZARIKE, Manzul: SAMARAKOON, Lal y KIYOSHI, Honda. Application of Remote sensing and SIG for Road (Asian Highway) Network Database creation and Risk Assessment. Thailand. Klong Luang (Tailandia). 1998. [En línea]. GISdevelopment /aars/acrs/ ACRS 1998/ GIS. Disponible en:  
<http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/1998/ts11/ts11003.shtml>

LABORATORIO UNIDAD PACIFICO SUR CIESAS. Oaxaca de Juárez, Oaxaca, México.(En línea)Consultado el 16/04/2014. Manizales Col. Disponible en:  
<http://langleruben.wordpress.com/about/>

LEE W.H. and LAHR J.C., HYPO71PC: A computer program for determining hypocenter, magnitude and firts motion pattern of local earthquakes. U.S. Geo. Surv Open-file Rep, 1985. pp, 75-311.

LOYO RAMOS, Edgar. Sistema de Información Geográfico del volcán Popocatépetl. [En línea] Puebla (México), 2000. Trabajo de grado (Licenciado en Ingeniería en Sistemas Computacionales). Escuela de Ingeniería. Universidad de las Américas, Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Tesis digitales UDLA Puebla / Tesis por autor/ L / Loyo Ramos, Edgar / Capitulo 2. Disponible en:  
[http://mailweb.udlap.mx/~tesis/lis/loyo\\_r\\_e/capitulo2.pdf](http://mailweb.udlap.mx/~tesis/lis/loyo_r_e/capitulo2.pdf)

MONROY JARAMILLO, María de la Esperanza. Implementación de un sistema de información geográfica (SIG) para la integración y análisis de la información en un observatorio vulcanológico. Tesis de Grado. Universidad de Manizales 2005.

QUESADA, Determinación de peligros volcánicos aplicando técnicas de evaluación multicriterio y SIG en el área del Nevado de Toluca, centro de México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 23, núm. 2, 2006.

SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO.Manizales, Colombia. ( En línea) Consultado el 16/04/2014. Manizales Col.Disponible en : <http://www.sgc.gov.co/Manizales/Sobre->

Nosotros/Historia-del-OVS.aspx

TELLEZ, JA, 2007. Aplicación de sistemas de información geográfica aplicado al riesgo volcánico. Universidad de Colima, México. Disponible en: <http://www.cenat.ac.cr/CongresoGeoprocesamiento/contenidos/ponencias/ATellez.pdf>.

TILLING, Robert I: BEATE, Bernardo. Apuntes para un curso breve sobre los peligros volcánicos. Organización Mundial de Observatorios Vulcanológicos. Santa Fe, Nuevo México, USA. Julio de 1989.

UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA. España. (En línea). Consultado 16/04/2014. Manizales. Disponible en: <https://www.uclm.es/profesorado/egcardenas/subduccion.htm>

VALENZUELA Carlos R. Curso SIG: Introducción a los Sistemas de Información Geográficos. COLOMBIA, MINISTERIO DE HACIENDA Y CRÉDITO PÚBLICO. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI.; Bogotá, febrero de 1989. p. 65

VALENCIA QUINTERO, Andrés; RESTREPO GOMEZ, German Eduardo. Sistema de información geográfica (SIG) para el diagnóstico integral de la actividad volcánica utilizando software libre. Tesis de Grado. Universidad de Manizales 2009.

VARGAS MORERA, Luis Armando. Glosario de Algunos Términos Comunes en Sismología traducido del National Earthquake Information Center [en línea]. Heredia (Costa Rica). Fecha de publicación: Abril 6 de 2000. Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica/ Sismología / Glosario de Sismología. Disponible en: <http://www.ovsicori.una.ac.cr/pag/pag1sis.html>

VEGA S., Floribeth. Escalas de magnitudes sísmicas [en línea]. Heredia (Costa Rica). Fecha de publicación: Abril 6 de 2000. Disponible en: <http://www.ovsicori.una.ac.cr/pag/escalas.htm>

VILLEGAS, H. (2003): La Integración regional de la Amenaza volcánica para el Parque Nacional de Los Nevados en ambiente SIG.- GEOLOGIA COLOMBIANA, 28, pp. 13-23, 14 Figs., 1 Tabla, Bogotá.

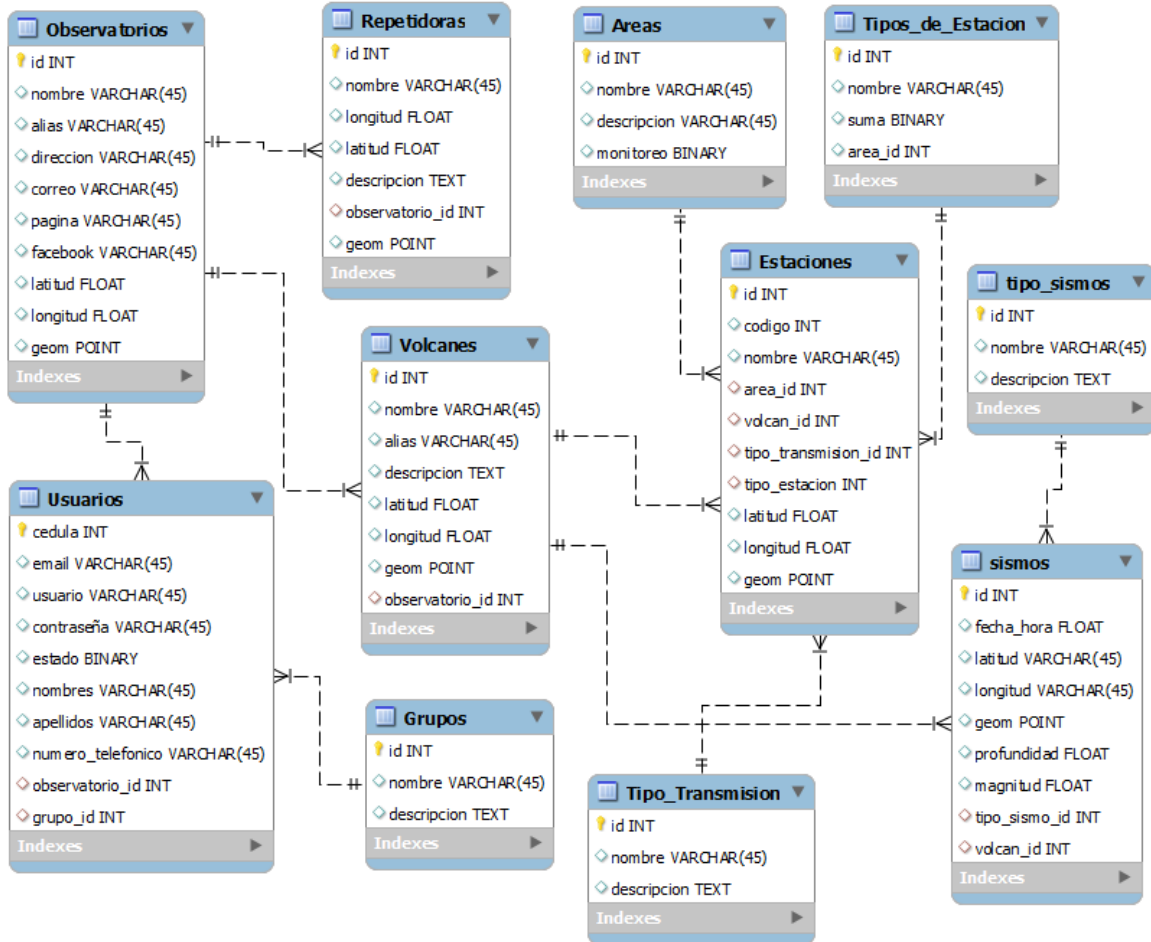
ZAPATA PARDO, María Victoria; MARTINEZ ZÁRATE, Camilo y GONZALES, Carlos A. Implementación de un sistema de Información Geográfico, SIG, en el Parque Nacional Natural Farallones de Cali. En: Ingeniería en Investigación. No. 43 (Agosto, 1999) Universidad del Valle. Cali (Colombia)



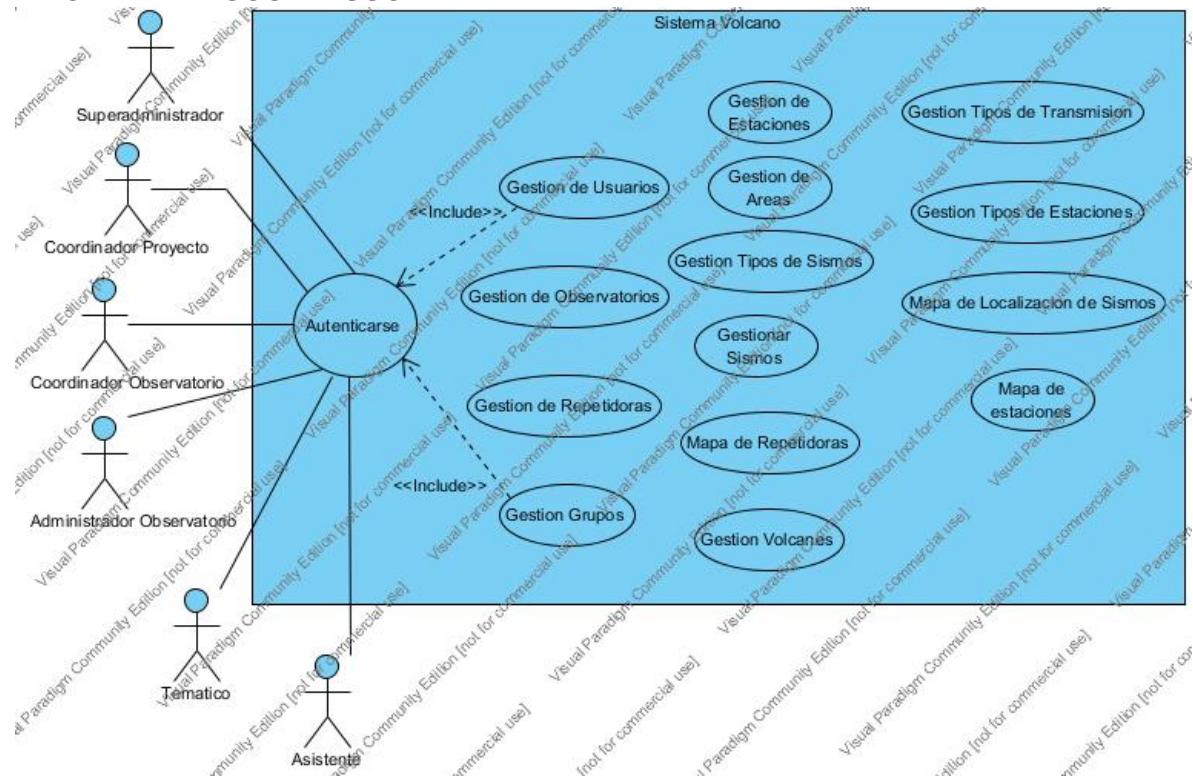
# ANEXO A

## ANÁLISIS Y DISEÑO

### DIAGRAMA ENTIDAD RELACION



# DIAGRAMA CASOS DE USO



# DIAGRAMA DE COMPONENTES

